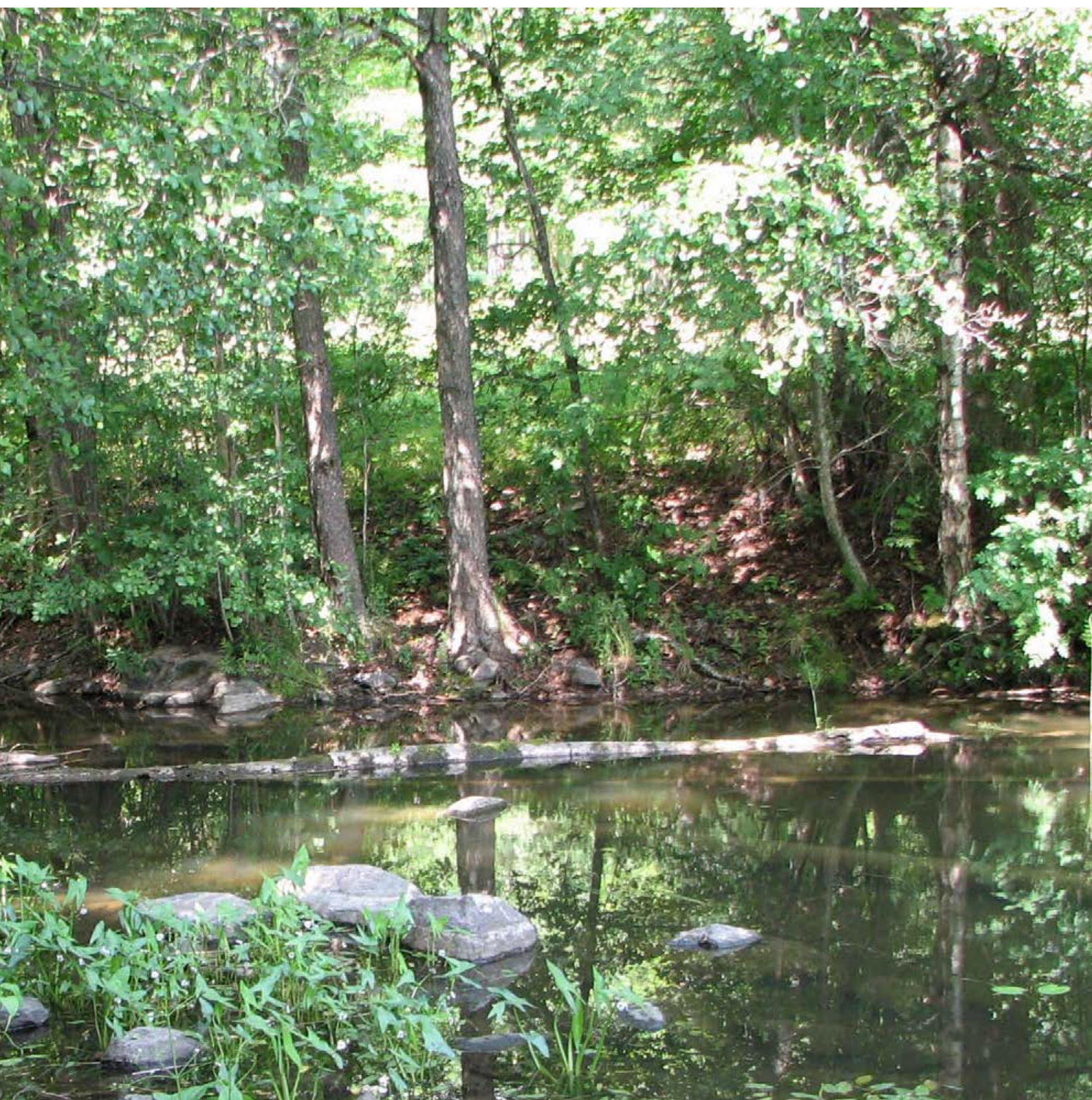




Bodominjärven ja Matalajärven säännöstely

Säännöstelyn muutosmahdollisuudet

NIINA KÄRKÄS



Bodominjärven ja Matalajärven säännöstely

Selvitys säännöstelyn muutosmahdollisuuksista

Niina Kärkäs

ISBN 978-952-257-527-2 (pdf)
ISSN-L 2242-2846
ISSN 2242-2854 (verkkojulkaisu)
URN:ISBN: 978-952-257-527-2

Julkaisu on saatavana vain verkkojulkaisuna:
www.doria.fi/ely-keskus
www.doria.fi/ely-centralen

Kansikuva: Niina Kärkäs
Valokuvat: Niina Kärkäs
Kartat: Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/11, Affecto Finland Oy, Karttakeskus, Lupa L4659.

Sisällys

1 Johdanto	7
1.1 Työn tavoitteet ja rajaus	7
1.2 Työn rakenne	8
CASE I: Bodominjärven säännöstelyn muutosmahdollisuudet	9
2 Bodominjärven vesistöalueen ja säännöstelyn kuvaus	10
2.1 Alueen kuvaus ja hydrologia	10
2.1.1 Bodominjärven valuma-alue	10
2.1.2 Bodominjärven vedenkorkeus ja virtaama	11
2.1.3 Alueellinen sadanta ja lumen vesi-arvo	12
2.1.4 Korkeusaineistot ja korkeusjärjestelmien muunnokset	13
2.2 Vesistön säännöstely ja padot	13
2.2.1 Nykyinen säännöstelylupa	13
2.2.2 Patorakenteet	14
2.3 Vesistön ja rantojen käyttö	15
2.3.1 Kaavoitus	15
2.3.2 Rakenteet ja pellot	16
2.3.3 Virkistyskäyttö	16
2.3.4 Natura 2000- ja luonnonsuojelualueet sekä historialliset kohteet	17
2.4 Kasvillisuus ja eläimistö	19
2.4.1 Glomsinjoen taimenkannat	19
3 Tutkimusprosessin kuvaus lyhyesti	21
4 Bodominjärven suunnitteluvaihtoehtojen vertailu ja valinta	22
4.1 Vedenkorkeuden ja virtaaman raja-arvojen ja tavoitteiden määrittäminen	22
4.1.1 Sidosryhmätoiminta ja maastokatselut	22
4.1.2 Vedenkorkeuden ja virtaaman raja-arvojen ja tavoitteiden tulokset	23
4.2 Bodominjärven hydrologinen laskentamalli	25
4.3 Bodominjärven havaintojakson tulovirtaama ja vesiolosuhteet	25
4.4 Suunnitteluvaihtoehtojen muodostus ja valinta	28
4.4.1 VE 1 – Luonnonmukainen pohjapato	28
4.4.2 VE 2 – Kiinteä pohjakynnys ja settipato	29
4.4.3 VE 3 – Säädetty pohjakynnys ja settipato	29
4.4.4 Vaihtoehtojen hydrologiset vaikutukset	30
4.5 Padon sijoituksen määrittäminen	32
4.5.1 Maastomittaukset	33
4.5.2 Lasku-uoman vedenjohtokyvyn arviointi virtausmallilla	33
4.5.3 Virtausmallin tulokset ja padon sijoitus	34
4.6 Vaihtoehtoverailun tulosten yhteenveto	36
5 Bodominjärven suositusvaihtoehdon alustavat suunnitelmat	38
5.1 Patorakenteet	38
5.2 Purkautumiskäyrät	40
5.3 Tulvan ennakointi ja settipadon toiminta	41
5.3.1 Settipadon käyttö esimerkkikeväänä 2010	42
6 Suositusvaihtoehdon vaikutusten arviointi	44
6.1 Arviointimenetelmät	44
6.1.1 Vesistön ja rantojen käyttö	44
6.1.2 Luonto ja eliöstö	44
6.1.3 Järven alapuolinen vesistö	45

6.2 Vaikutusten arvioinnin tulokset	46
6.2.1 Vedenkorkeuden ja virtaaman tunnusluvut	46
6.2.2 Vedenkorkeuden ja virtaaman pysyvyys	47
6.2.3 Tulvatilanteiden hallinta	50
6.2.4 Kuivat kaudet	51
6.2.5 Vesistön ja rantojen käyttö	51
6.2.6 Bodominjärven luonto ja eliöstö	53
6.2.7 Järven alapuolinen vesistö	54
CASE II: Matalajärven vedenpinnan nostomahdollisuudet.....	57
7 Matalajärven aineisto ja menetelmät	58
7.1 Matalajärven vesistöalue	58
7.1.1 Yleistä	58
7.1.2 Matalajärven pohjapato	58
7.1.3 Rantojen käyttö	60
7.1.4 Kasvillisuus ja eliöstö.....	60
7.1.5 Alueella tehdyt kunnostustoimenpiteet	61
7.2 Vedenpinnan nosto kunnostusmenetelmänä.....	61
7.3 Matalajärven suunnittelun kuvaus	62
8 Matalajärven tulokset	63
8.1 Simuloidut vedenkorkeudet	63
8.1.1 Matalajärven nykytila	63
8.1.2 Matalajärven vedenkorkeus Bodominjärven säännöstelyn muuttaminen huomioiden	65
8.2 Padon mitoituksen vaikutus Matalajärven vedenkorkeuteen	66
8.3 Vedenpinnan noston vaikutukset	68
9 Tulosten tarkastelu	70
9.1 Hydrologiset tarkastelujen arviointi.....	70
9.2 Patosuunnitelmien arviointi	71
9.3 Vaikutusten arviointi	72
10 Johtopäätökset	74
Kirjallisuus	76

1 Johdanto

Tässä työssä selvitetään Espoon Bodominjärven ja Matalajärven säännöstelyn muutosmahdollisuuksia. Bodominjärvi on Espoon suurin järvi, joka sijaitsee Pohjois-Espoossa, Espoonjoen vesistöalueella. Järvi on toiminut Espoon kaupungin vedenhankintavesistönä vuodesta 1961. Järven vedenkorkeutta ja menovirtaamaa on säännöstelty säädettävällä luukkupadolla vuodesta 1966 Länsi-Suomen vesioikeuden myöntämän päätöksen nro 158/1965 (D:No 53/51/1962) mukaisesti. Talvella Bodominjärven vedenpintaa lasketaan juoksutusta lisäämällä, jotta kevään sulamisvesille saadaan varastointitilaa. Kesällä vedenkorkeus taas on pyritty pitämään korkealla juoksutusta vähentämällä virkistyskäyttömahdollisuuksien turvaamiseksi.

Nykyinen säännöstelyluvan haltija Helsingin seudun ympäristöpalvelut (HSY) olisi halukas luopumaan nykymuotoisesta säännöstelystä. Vedenotto Bodominjärvestä on lopetettu vuonna 1998, joten pato on menettänyt alkuperäisen käyttötarkoituksensa. Säännöstelyä on kuitenkin jatkettava olemassa olevan luvan mukaisesti, sillä säännöstelyn muuttaminen vaatisi uuden vesilain mukaisen luvan. Bodominjärven nykyinen patorakenne on raskastekoinen ja erityisesti talvella padon aukinaisuuden säätäminen on ollut haasteellista. Nykymuotoinen säännöstely edellyttää säännöstelijältä vesitilanteen jatkuvaa seurantaa ja vuosittain useita käyntejä padolla menovirtaaman säätämiseksi.

Bodominjärven patoaminen ja menovirtaamien säännöstely ovat aiheuttaneet ongelmia myös järven alapuolisessa vesistössä, Glomsinjoessa, joka on taimenen lisääntymisaluetta. Säännöstelypato aiheuttaa Glomsinjoen ja Bodominjärven välille kalojen ja muiden eliöiden kulkeutumiselle täydellisen esteen. Lisäksi talvenaikainen lisäjuoksutus heikentää muun muassa jokiuoman eliöstöä suojaavan jääkannen muodostumista, mikä saattaa aiheuttaa pohjan ja eliöstön sekä taimenen mädin jäätymistä. Pienentyneet kevätvirtaamat taas ovat aiheuttaneet uoman paikoittaista kuivumista, mikä voi koitua vahingoksi keväällä kuoriutuville taimenen poikasille. Esimerkiksi laissa vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (30.12.2004/1299) on laadittu vesienhoidon suunnitelma, jonka pohjalta määritetyn vesienhoidon toimenpideohjelman mukaisesti tulisi vaelluskalojen nousuesteet pyrkiä poistamaan. Lisäksi mm. Espoonjoen suojelusuunnitelmassa (Kasvio 2008) ja Espoonjoen virtavesiselvityksessä (Janatuinen 2009) on ehdotettu Bodominjärven patorakenteen korvaamista luonnonmukaisella pohjapato- tai tekokoskirkenteella taimenen elinalueiden laajentamiseksi.

Haasteita säännöstelystä luopumiselle aiheuttavat kuitenkin mm. Bodominjärven vesistöjen ja rantojen käyttö. Bodominjärvi on alueellisesti merkittävä ulkoilu- ja virkistysalue. Vuosikymmeniä jatkunut järven vedenkorkeuksien säännöstely säännöstelyluvan mukaisille korkeuksille on vakiinnuttanut vesistön ja sen rantojen käyttöä ja ohjannut muun muassa rantarakentamista. Myös alueen kasvillisuus on sopeutunut vallitseviin oloihin ja alueelle on syntynyt ainutlaatuinen ympäristö harvinaisillekin lajeille. Valta-kunnallisesti arvokas Matalajärvi on Natura 2000-verkostoon kuuluvaa aluetta, jolla esiintyy uhanalaisia lajeja ja rauhoitettuja lajeja, esimerkiksi erittäin uhanalaiseksi luokiteltua hentonäkinruohoa (Barkman 2010a). Bodominjärven säännöstelyllä on myös pystytty lisäämään järven tasaavaa vaikutusta Espoonjoen menovirtaamiin.

1.1 Työn tavoitteet ja rajaus

Tämän työn ensisijaisena tavoitteena on selvittää mahdollisuuksia luopua Bodominjärven ja Matalajärven nykymuotoisesta säännöstelystä säännöstelijän tehtävän helpottamiseksi. Työssä selvitetään, onko Bodominjärven nykyinen säännöstelypato korvattavissa luonnonmukaisia vesirakennusmenetelmiä soveltaen ilman haitallisia vaikutuksia vesistön ja rantojen käytölle, luontoarvoille tai järven alapuoliselle vesistölle. Lisäksi pyritään ymmärtämään Bodominjärven säännöstelyn kannalta haasteellisten tilanteiden syntyä sekä mahdollisuuksia niiden ennakointiin. Eräänä tärkeänä pyrkimyksenä on lisäksi palauttaa taimenen ja muun eliöstön vapaa liikkuvuus Bodominjärven ja Glomsinjoen välille, mikä on vaikuttanut mm. suunnittelumenetelmien valintaan.

Säännöstelyn muuttaminen vaatisi vesilain mukaisen luvan sekä lupaan liittyvien suunnitelmien ja vaikutusten arvioinnin tekemistä. Tässä työssä määritetään puitteet ja taustatiedot myöhemmin mahdollisesti tehtävälle lupaselvitykselle. Työn keskeiset selvitettävät osiot ovat:

- raja-arvot ja tavoitteet vedenkorkeudelle ja virtaamalle
- patorakenteiden alustavat suunnitelmat ja rakenteiden sijoitus

- padon toiminta erilaisina vesivuosina

Lisäksi ehdotetun ratkaisun vaikutuksia verrattuna nykytilaan arvioidaan seuraaviin tekijöihin:

- vesistön ja rantojen käyttö
- virkistyskäyttöön merkittävimpänä virkistyskäyttökautena
- luonto ja eliöstö
- alapuolinen vesistö

Työn perusolettamuksena on, että havaintokaudella esiintyneet valuma-alueen hydrologiset olosuhteet toistuvat tulevaisuudessa samankaltaisina. Esimerkiksi ilmastomuutoksen vaikutuksia Bodominjärven säännöstelyyn on pohdittu muiden tutkimusten pohjalta (esim. Veijalainen ym. 2010), mutta varsinaista mallinnusta erilaisin skenaarioin tai tilastollisen analyysin pohjalta ei ole tehty. Työssä ei myöskään oteta kantaa mahdollisiin hankkeen aiheuttamiin kustannuksiin, maanlunastuksiin tai vahingonkorvauksiin. Lähtökohtaisesti käytössä olevan materiaalin ja menetelmien mukaisesti pyritään säännöstelyratkaisuun, jossa vahingonkorvausvaatimuksia ei synny.

Bodominjärveen liittyy läheisesti Matalajärvi; järviä yhdistänyt puro on perattu säännöstelyrakenteiden toteuttamisen yhteydessä, ja Matalajärven vedenpinnan alenemisen rajoittamiseksi järven laskupuroon on rakennettu kiinteä pohjapato. Erillisenä osiona työssä selvitetään yleisellä tasolla Matalajärven vedenkorkeuden nostomahdollisuuksia nykyistä järvien välistä pohjapatoa muuttamalla. Matalajärvi on nimensä mukaan matala luontaisesti rehevä järvi, joka on osa Nuuksion kansallispuistoa ja Natura 2000-alue. Matalajärven vesikasvillisuus on lisääntynyt huomattavasti viime vuosikymmeninä ja järvi on hiljalleen kasvamassa umpeen, jonka hidastamiseksi erääksi kunnostusmenetelmäksi on ehdotettu järven vesitilavuuden kasvattamista (Toivonen ja Sammalkorpi 2011, Barkman 2008). Matalajärven osalta tavoitteena on selvittää pohjapadon mitoituksen vaikutuksia Matalajärven vedenpintoihin sekä selvittää, missä tilanteissa padon nostolla olisi saavutettavissa parannusta nykytilaan. Matalajärvi on hyvin ainutlaatuinen järvi monipuolisine lajistoineen, joilla on hyvin laaja-alaiset syy-seuraus-suhteet. Tässä työssä ei oteta kantaa vedennoston aiheuttamia vaikutuksia luonnolle ja eliöstölle, vaan tarkastellaan lähinnä padon hydrologisia vaikutuksia.

1.2 Työn rakenne

Työn jakautuu kahteen erilliseen Bodominjärven ja Matalajärven tutkimusosioon. Bodominjärven osiossa luvuissa 2-6 on kuvattu Bodominjärven tutkimusaineisto, tutkimusvaiheet sekä Bodominjärven säännöstelyn muutosmahdollisuuksien tulokset. Työ koostuu useista erillisistä tutkimusmenetelmistä ja -vaiheista, joiden tulokset vaikuttavat seuraavan tutkimusvaiheen lähtökohtiin. Tutkimustyön selkeyden ja dokumentoinnin seurattavuuden kannalta tutkimusprosessit on kuvattu kronologisessa järjestyksessä, ja tutkimuksen etenemisen kannalta merkitykselliset tulokset on kerrottu jo kyseisen menetelmäkuvausvaiheen yhteydessä. Varsinaiset tutkimuksen tulokset, eli suositusvaihtoehto, johon on päädytty suunnittelun eri vaiheiden kautta, sekä vaihtoehdon vaikutukset on esitelty luvuissa 5-6.

Osiossa kaksi, luvuissa 7-8 on esitelty Matalajärven vedenpinnan nostomahdollisuuksiin käytetty aineisto, yleinen kuvaus vedennostosta kunnostusmenetelmänä sekä Matalajärven tutkimustulokset. Luvussa 9 on tehty saatujen tulosten tarkastelu, jossa on pyritty arvioimaan mm. käytetyn aineiston luotettavuutta, saatujen tulosten merkittävyyttä ja oikeellisuutta sekä käytettyjen menetelmien epävarmuustekijöitä. Johtopäätöksissä on esitelty työssä ilmenneet keskeisimmät tulokset, päätelmät ja arviot tavoitteiden täyttymisestä. Lisäksi pohditaan tutkimustulosten yleistettävyyttä ja luonnonmukaisten vesirakenteiden käytettävyyttä vesistösäännöstelyssä. Kirjallisuuden ja työn tulosten pohjalta pyritään määrittämään, millaisiin vesistöihin ja kohteisiin luonnonmukaiset vesirakenteet soveltuvat, mitkä ovat niiden käytettävyyden rajoitteita tai haasteita ja mitä etuja luonnonmukaisilla menetelmillä voidaan saavuttaa.

CASE I: Bodominjärven säännöstelyn muutosmahdollisuudet

2 Bodominjärven vesistöalueen ja säännöstelyn kuvaus

2.1 Alueen kuvaus ja hydrologia

2.1.1 Bodominjärven valuma-alue

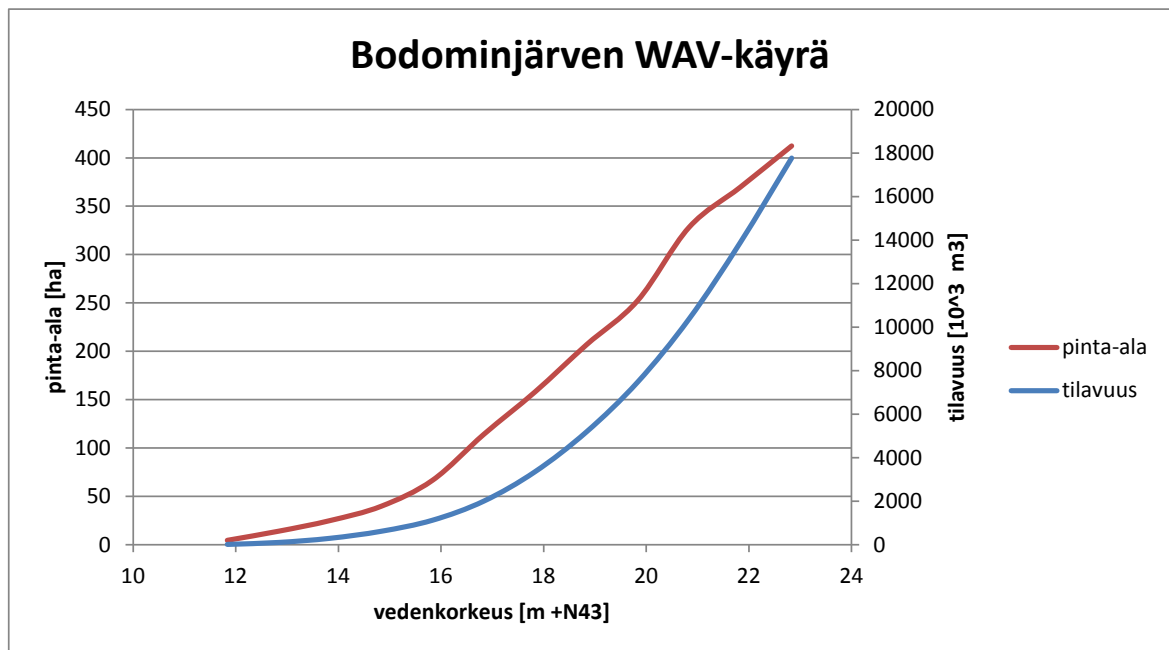
Bodominjärvi sijaitsee Uudellamaalla Espoon kaupungissa, Espoonjoen vesistöalueella. Järven valuma-alueen pinta-ala on 32,2 km² ja järvisyys noin 17 %. Valuma-alueen suurimmat järvet ovat Bodominjärvi, Luukinjärvi, Matalajärvi ja Myllyjärvi. (Kamppi 1990) Bodominjärven valuma-aluekartta on esitetty kuvassa 2.1. Valuma-alueesta noin 15 % on peltoa (Hagman 2010).



Kuva 2.1. Bodominjärven valuma-alue. Luvat: Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/11, Affecto Finland Oy, Karttakeskus, Lupa L4659.

Bodominjärveen laskee järven pohjoispuolelta Maarinpuro, Häklabäcken sekä purot Matalajärvestä ja Myllyjärvestä. Bodominjärvi purkautuu järven eteläpuolella sijaitsevaan Glomsinjokeen, jonka yläosasta käytetään nimeä Oitån. Järven virtaamaa säännöstelee Bodominjärven säännöstelypato, jonka sijaintipaikka on ympyröity kuvassa 2.1. Puro virtaa Oitån purolaakson läpi laskien Bembölen myllypaikalle. Sieltä joki laskee kaakkoon Kirkkojärven painanteeseen, jossa Glomsinjoki yhtyy Espoonjokeen. (Kasvio 2008)

Bodominjärven suurin syvyys on 12,73 m ja keskisyvyys 4,28 m. Järven pinta on korkeustasossa N60 + 22,90 m, jossa järven pinta-ala on 412,31 ha ja tilavuus 17767*10³ m³. Järven numeerisesti määritetty pinta-ala ja tilavuus vedenkorkeuden funktiona on esitetty kuvassa 2.2. Järven keskivirtaama on 0,31 m³/s, jolloin veden teoreettinen viipymä Bodominjärvessä on 22 kk (Hagman 2010).



Kuva 2.2. Bodominjärven pinta-ala ja tilavuus vedenkorkeuden funktiona. (Tiedot Suomen ympäristökeskuksen ylläpitämästä Hertta-tietokannasta)

Bodominjärven rannat ovat pääasiassa hienorakeista maalajia, mikä aiheuttaa järvelle luontaisen samean värin (Kasvio 2008). Hagmanin (2010) mukaan Bodominjärvi kuuluu järvityyppiin runsasravinteiset ja runsaskalkkiset järvet. Järven tila on pintavesien yleisen käyttökelpoisuusluokituksen mukaan tyydyttävä, mutta järven luontaisen runsasravinteisen pintavesityypin huomioivan ekologisen luokittelun mukaan hyvä. Bodominjärvessä on esiintynyt kesäisin leväkukintoja ja happikatoja pohjanläheisessä vedessä loppupalvisin sekä loppukesäisin 2000-luvulla.

2.1.2 Bodominjärven vedenkorkeus ja virtaama

Vuoden 1965 Bodominjärven säännöstelyn lupa-asiakirjojen mukaan luonnontilaisen Bodominjärven vuosien 1940–1959 ylin vedenkorkeus HW oli NN +23,40m, ajanjakson keskimääräinen ylivesi MHW NN +23,15 - 23,20m, keskivedenkorkeus MW NN +22,70m ja alin vedenkorkeus NW NN+22,29m. Heinäkuun keskimääräinen vedenkorkeus on ollut NN +22,60m ja marraskuun NN +22,80m. Ajanjakson ylivirtaama HQ Bodominjärven alapuolisessa Glomsinjoessa oli $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ ja keskivirtaama MQ $0,29 \text{ m}^3/\text{s}$. Luvan tietojen mukaan kuivimpina aikoina Glomsinjoki on saattanut kuivua kokonaan. (Länsi-Suomen Vesioikeus 1965)

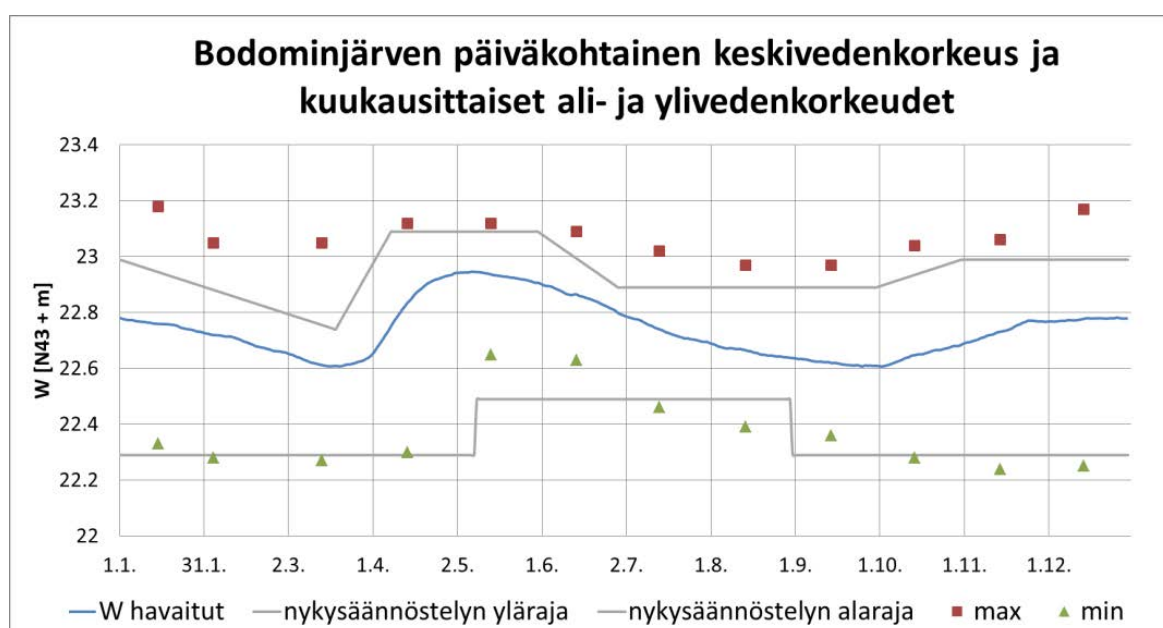
Paikkalan (1992) mukaan Glomsinjoki on ollut monimuotoinen, muttei kuitenkaan täysin luonnontilainen vuosina 1940-1959, sillä uoma on perattu Bodominjärven tulvahaittojen vähentämiseksi 1800-luvulla. Glomsinjoessa on tällöin sijainnut mylly, jonka läheisyydessä joessa on myös suoritettu pientä perkausta.

Vuoden 1965 lupamääräysten mukaisesti säännöstelyluvan haltija on veloitettu havainnoimaan Bodominjärven vedenkorkeuksia sekä järvestä vedenottamoon johdettuja ja Glomsinjokeen säännöstelypadosta juoksutettuja virtaamia. Bodominjärven vedenkorkeus määritetään sähköisellä mittalaitteistolla kerran vuorokaudessa. Glomsinjokeen juoksutettu virtaama määritetään Bodominjärven vedenkorkeuden ja patoluukun aukinaisuuden perusteella padon purkautumiskäyrältä, joka on esitetty liitteessä 1. Bodominjärven havainnoidut vedenkorkeuden ja virtaaman tunnusluvut vedenoton aikaiselta jaksolta vuosina 1973-1998 sekä vedenoton lopettamisen jälkeen vuodesta 1998-2010 on esitetty taulukossa 2.1. Vuosina 1973-1998 vedenottoon toimitettu vesimäärä oli keskimäärin $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$.

Taulukko 2.1. Bodominjärven vedenkorkeuden (N43 + m) ja virtaaman (m³/s) tunnusluvut.

	1973-1998	1998-2010
NW	22.24	22.31
MNW	22.48	22.46
MW	22.76	22.70
MHW	23.04	23.00
HW	23.18	23.05
NQ	0.02	0.02
MNQ	0.02	0.02
MQ	0.23	0.47
MHQ	1.45	1.83
HQ	2.18	2.34

Koko havaintojakson päiväkohtainen keskivedenkorkeus, kuukausittaiset ali- ja ylivedenkorkeudet sekä säännöstelyn vedenkorkeusrajat on esitetty kuvassa 2.3.



Kuva 2.3. Bodominjärven keskimääräinen vedenkorkeus, säännöstelyrajat sekä kuukausittaiset yli- ja alivedenkorkeudet (N43+m).

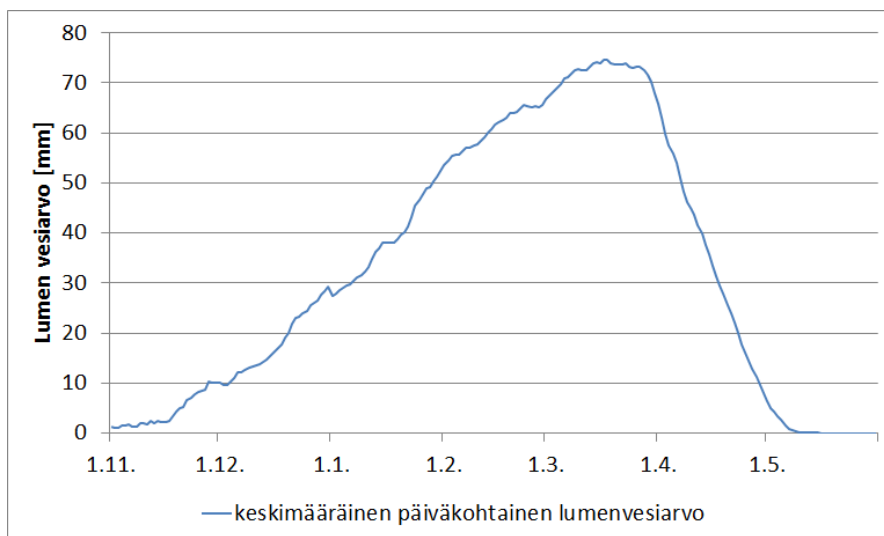
2.1.3 Alueellinen sadanta ja lumen vesi-arvo

Bodominjärven läheisin sadeasema sijaitsee Espoon Nupurissa, jonka korjaamattomia sadantatietoja on saatavilla vuodesta 1998 alkaen. Lisäksi Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) vesistömallijärjestelmän tuottamia simuloituja, korjattuja sadanta- ja lumen vesi-arvotietoja on saatavilla Bodominjärven valuma-alueelle koko järven säännöstelyn ajalle. Simuloitujen arvojen mukaan vuosien 1973-2010 vuosisadannan keskiarvo on 745 mm. Alueen sateisin vuosi oli 1982, jolloin vuosisadanta oli simuloitujen arvojen mukaan yhteensä 1006 mm. Kyseisenä vuonna koko Suomen suurin vuosisadanta on mitattu Espoon Nupurin sääasemalta 1100 mm. Kuivin vuosi on ollut 2002, jolloin sadanta oli 519 mm. Kyseisenä vuonna Nupurin sääasemalta mitattu sadanta on ollut 560 mm. Kuukausittaiset sadannan keskiarvot on esitetty taulukossa 2.2.

Taulukko 2.2. Sadannan kuukausittaiset keskiarvot (1973-2010).

	tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	marras	joulu
P(mm) SYKE sim	64	40	42	38	39	62	74	83	72	81	82	68
P(mm) Nupuri hav (98->)	71	45	33	35	43	65	60	80	48	96	83	66

Suurin lumen vesiarvo 190 mm on simuloitu vuodelle 1982 ja pienin vuodelle 1975, jolloin simuloitu lumen vesiarvon maksimi oli 22 mm. Havaintojakson lumen vesiarvon keskimääräinen kulku on esitetty kuvassa 2.4.



Kuva 2.4. Keskimääräinen lumen vesiarvon kehitys vuosina 1973-2010.

2.1.4 Korkeusaineistot ja korkeusjärjestelmien muunnokset

Valuma-alueiden ja ranta-alueiden tarkasteluun on käytettävissä Maanmittauslaitoksen maanpinnan korkeutta kuvaava KM2-malli, jonka ruutukoko on 2m x 2m ja korkeustiedon tarkkuus 0,3m. Aineisto on tuotettu laserkeilausaineistosta, jonka pistetiheys on vähintään 0,5 pistettä neliömetrille. Yksityiskohtaisempaan tarkasteluun on käytettävissä myös KM2-mallin lähtötietona oleva laserkeilausaineisto. Aineiston pistepilviä tarkasteltaessa on maanpinnan topologian lisäksi mahdollista erottaa myös alueellisia kasvillisuusrajoja sekä yksittäisiä rakennuksia. Bodominjärvi sijoittuu karttalehdille L4132E1-E4 sekä L4132F1-F2. Kyseiset aineistot on keilattu 2.-3.4.2008. Sekä KM2-malli että laserkeilausaineistot ovat korkeusjärjestelmässä N2000.

Työssä on käytetty eri korkeusjärjestelmissä olevia aineistoja. Tulosten käsittelemiseksi kaikki käytetyt aineistot on muunnettu korkeusjärjestelmään N43, johon Bodominjärven vedenkorkeushavainnot on tehty. Aineistojen muunnoksessa on käytetty seuraavia muunnoksia:

Taulukko 2.3. Työssä käytetty korkeusjärjestelmien muunnos.

NN	+4cm	→	N43
N60	-6cm	→	N43
N2000	- 25cm	→	N43

2.2 Vesistön säännöstely ja padot

2.2.1 Nykyinen säännöstelylupa

Bodominjärven ja sen yhteydessä olevan Matalajärven vedenjuoksua on säännöstelty 1960-luvulta alkaen Länsi-Suomen vesioikeuden päätöksellä 158/65 (D:No 53/51/1962) Espoon kaupungin raakavedenottoa varten. Luvan mukaan Bodominjärvestä saa johtaa vettä vedenottoon enintään 150 l/s. Vedenotto on päätynyt vuonna 1998, mutta järven säännöstely vedenkorkeuksien ja juoksutusten osalta jatkuu lupamääräysten mukaisesti. Säännöstelyluvan nykyinen hallitsija on Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY. Luvan mukaan Bodominjärven vedenpinta ei saa rikkoa säännöstelyrajoja, jotka rajautuvat taulukon 2.4 pisteiden mukaisesti. Rajat on havainnollistettu kuvaan 2.3.

Taulukko 2.4. Säännöstelyluvan mukaiset vedenkorkeusrajat (ks. kuva 2.3).

	1.1.	20.3.	10.4.	10.5.	1.6.	1.7.	1.9.	1.10.	1.11.	31.12.
Yläraja (NN+m)	22.95	22.70	23.05	23.05	23.05	22.85	22.85	22.85	22.95	22.95
Alaraja (NN+m)	22.25	22.25	22.25	22.45	22.45	22.45	22.45	22.25	22.25	22.25

Bodominjärven lasku-uomaan Glomsinjoen puroon on jatkuvasti juoksutettava vähintään 0,02 m³/s, mutta juoksutus ei saa olla suurempi kuin 2,0 m³/s. Keväällä 21.3.-30.4. juoksutukselle on lisäksi määritetty tarkennettu juoksutusohje taulukon 2.5 mukaisesti.

Taulukko 2.5. Bodominjärven säännöstelyluvan mukainen juoksutusohje.

Vedenkorkeus [NN+m]		Juoksutus [m³/s]
21.3.	30.4.	
W < 22.45	W < 22.60	0.02
22.45 ≤ W ≤ 22.70	22.60 ≤ W ≤ 22.85	0.2-0.8
W > 22.70	W > 22.85	0.8-2.0

2.2.2 Patorakenteet

Bodominjärven lasku-uomassa on säännöstelypato, jonka luukulla suljettavan aukon leveys on 2,75 m ja kynnyksen korkeudella NN +21,95m. Käsikäyttöinen sulkuluukku on terästä ja sitä on mahdollista avata korkeintaan 0,4m. Padon yläreuna on tasolla NN +23,20m. Padon lävitse on johdettu sulkuventtiilillä varustettu putki, jonka kautta juoksutetaan vettä jatkuvasti vähintään 20 l/s. Padon rakentamisen yhteydessä uomaa on perattu patopaikan molemmiin puolin yhteensä noin 130 m matkalta padon rakentamisen yhteydessä. (Länsi-Suomen Vesioikeus 1965) Säännöstelypato sekä alivirtaamaputki ja sen purkupaikka on esitetty kuvissa 2.5 ja 2.6.



Kuva 2.5. Bodominjärven säännöstelypato. Kuva: © Niina Kärkäs



Kuva 2.6. Alivirtaamaputken purkupaikka ennen Kunnarlantien alittavaa rumpua. Kuva: © Niina Kärkäs

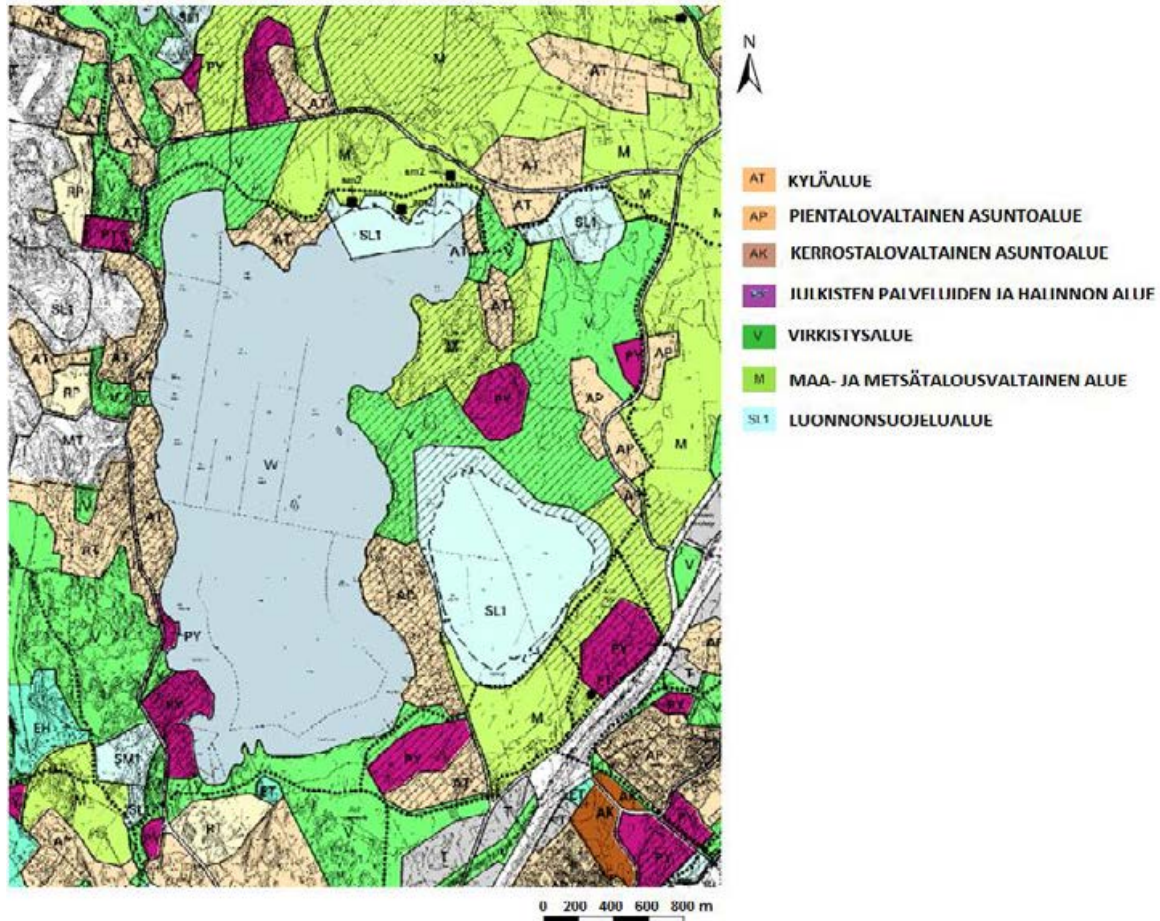
Myös Bodominjärven ja Matalajärven välinen puro on perattu, jolloin Matalajärvi toimii Bodominjärven ohella säännöstelyaltaana. Matalajärven vedenpinnan alenemisen rajoittamiseksi järven laskupuroon on rakennettu pohjapato, jonka harjan korkeus on NN +22,65m. (Länsi-Suomen Vesioikeus 1965)

2.3 Vesistön ja rantojen käyttö

2.3.1 Kaavoitus

Bodominjärven vesistöalueella on voimassa 11.8.2006 vahvistettu Uudenmaan maakuntakaava. Bodominjärvi on määritetty arvokkaaksi vesialueeksi, sen etelä- ja luoteisrannat maakuntakaavan virkistysalueiksi ja Matalajärvi Natura 2000 -alueeksi. (Uudenmaan liitto 2006)

Alueella on voimassa Espoon pohjoisosien yleiskaava, joka osoittaa kunkin alueen pääasiallisen käyttötarkoituksen. Kuvassa 2.7 esitetystä yleiskaavakartasta on nähtävissä, että Bodominjärven rannat ovat pääasiassa osoitettu virkistys-, ulkoilu- ja urheilutoimintaan (V) sekä kylämäiseen asutukseen (AT). Lisäksi osia rannasta on varattu julkisten palveluiden ja hallinnon tiloille (PY) sekä pientaloasutukseen (AP). Osa Bodominjärven pohjoisrannasta sekä koko Matalajärvi rantoineen ovat luonnonsuojelulainsäädännön nojalla suojeltuja tai suojeltavaksi tarkoitettuja alueita (SL1). (Espoon kaupunkisuunnitteluvirasto 1996)



Kuva 2.7. Espoon pohjoisten osien yleiskaava osa 1. (Espoon kaupunkisuunnitteluvirasto 1996.)

Suurin osa Bodominjärven ympäristöstä on asemakaavoittamatonta aluetta. Bodominjärven ranta-alueilla on vireillä kaksi asemakaavahanketta, Högnäsin ja Bodomin kartanon asemakaavahankkeet. Bodominjärven ja Matalajärven välisellä kannaksella sijaitsevaan Högnäsin alueelle on tarkoitus lisätä pysyvää asutusta kaavoittamalla alue yleiskaavan mukaisesti pientaloalueeksi (Kaasinen ja Moilanen 2009). Bodomin kartanon asemakaavahankkeessa alueelle on tavoitteena sijoittaa vähemmän pientaloasutusta (Espoon kaupunkisuunnittelukeskus 2008).

2.3.2 Rakenteet ja pellot

Bodominjärven ja Matalajärven välisellä kannaksella sekä järven pohjois- ja länsirannalla sijaitsee kesämökkejä sekä pientaloja. Rannoilla sijaitsee yhteensä 87 kiinteistöä, joista neljä on yhteisiä rantakiinteistöalueita. Järven vesialueet ovat jakautuneet yhdeksään yksityiseen ja seitsemään yhteiseen vesialueeseen. (Kiinteistötietojärjestelmä 2011)

Valtaosa rantojen läheisestä maanviljelyksestä on sijoittunut Bodominjärven pohjoispuolelle Häcklabäckenin ja Maarinpuron varrelle. Lisäksi peltoja on Matalajärven kaakkoispuolella. Korkeusaineistotarkastelun mukaan Bodominjärven pohjoispuolella sijaitsevat pellot sijaitsevat maanpinnankorkeuden N43 +23,60m yläpuolella. Matalajärven läheisyydessä osa peltoalueesta alkaa korkeudesta N43 +23,40m.

2.3.3 Virkistyskäyttö

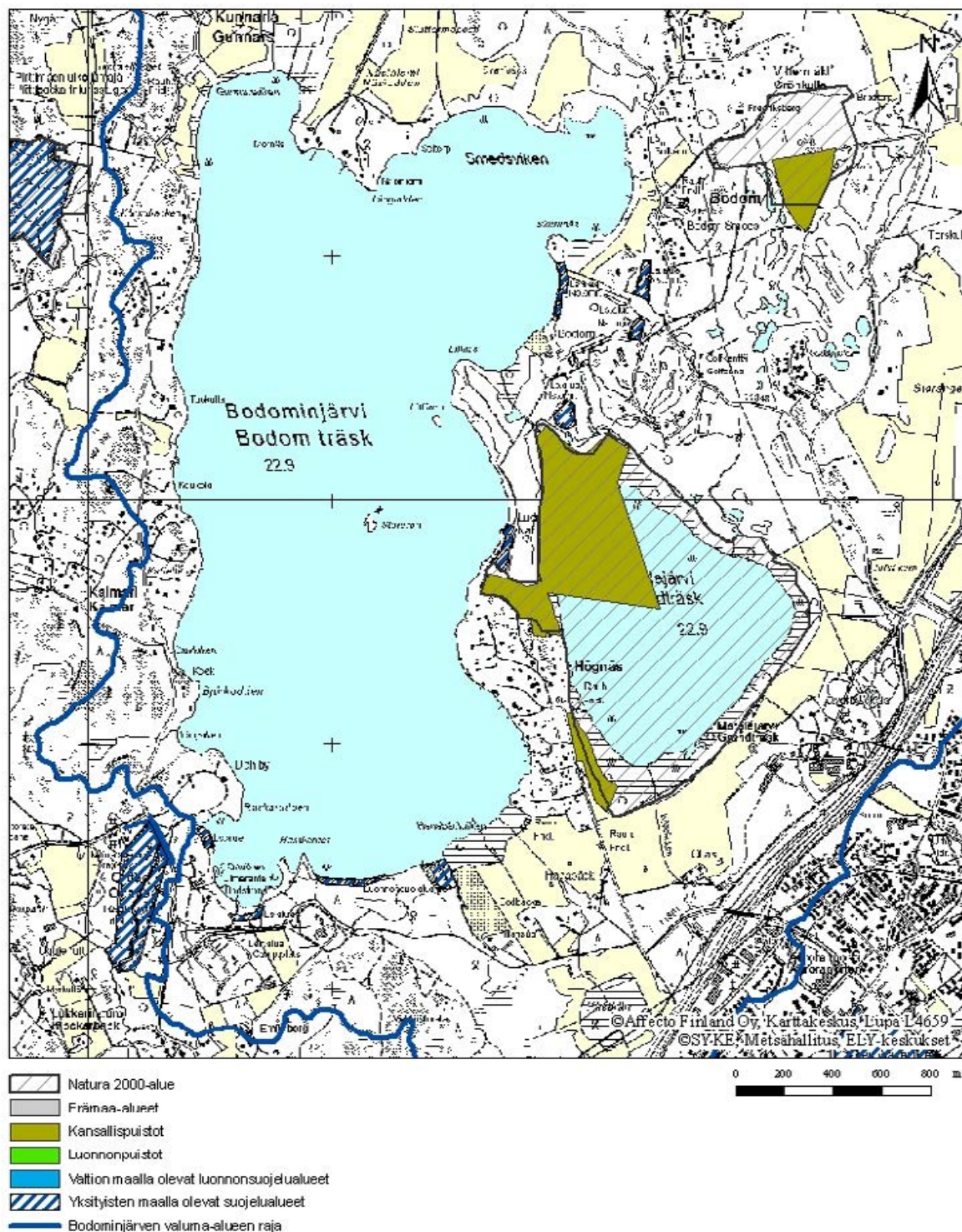
Bodominjärvellä on Kasvion (2008) mukaan suuri merkitys virkistyskäytön kannalta. Järven rannalla sijaitsevat muun muassa Oittaa leirintäalue, Bembölen ulkoilualue, Pirttimäen ulkoilumaja, kaksi yleistä uimarantaa sekä golfkenttä. Oinosen (2008) mukaan Bodominjärven etelärannalla sijaitseva Oittaa uimaranta on kävijämääränsä perusteella luokiteltu EU-uimarannaksi. Alueella toimii myös Suomen

ladun ulkoilukeskus, joka vuokraa muun muassa soutuveneitä, kanootteja ja kajakkeja. Bodominjärvellä harrastetaan virkistyskalastusta, jonka lupien yms. hoidosta vastaa Bodominjärven kalastusyhdistys ry.

2.3.4 Natura 2000- ja luonnonsuojelualueet sekä historialliset kohteet

Matalajärvi on osoitettu SL1-merkityksi luonnonsuojelulainsäädännön nojalla suojelluksi alueeksi (kuva 2.7). Matalajärven alue on hyväksytty Suomen Natura 2000 –verkostoon ja se on osa Nuuksion kansallispuistoa. Natura-alueeseen kuuluu myös Bodomin kannaksen pähkinälehto. Matalajärvi kuuluu lisäksi valtakunnalliseen lintuvesien suojeluohjelmaan. (Barkman 2010a)

Bodominjärven vesistöalueella sijaitsee yhteensä 13 yksityisen maalla sijaitsevaa suojelualueutta (Kuva 2.8). Bodominjärven ja Matalajärven ranta-alueiden läheisyydessä olevia suojelualueita ovat Bodomin tammimetsät, Bodomin jalopuumetsät, Skurunäsin jalopuumetsikkö, Matalajärven jalopuumetsät, Bodominjärven tammilehto sekä Bodomin tervaleppäkorpi.



Kuva 2.8. Suojelualueet Bodominjärven läheisyydessä.

Bodominjärven valuma-alueen ulkopuolella Bodominjärven eteläpuolella sijaitsee vuonna 1990 rauhoitettu Oittaaan purolaakson luonnonsuojelualue (Vehmaa 2000). Lisäksi Bodominjärvestä laskevan Glomsinjoen meanderilaakso on merkitty maakunnallisesti arvokkaaksi alueeksi (Janatuinen 2009). Bodominjärven pohjoispuolella sijaitsee Snettäs-Rödsdögen kulttuurimaisema-alue, joka on rakennettu kulttuuriympäristökohde. Vesistöalueella sijaitsee yhteensä noin 20 pistemäistä muinaisjäännöskohdetta.

2.4 Kasvillisuus ja eläimistö

Oinosen (2008) mukaan Bodominjärvellä on kasvillisuutta suhteellisen vähän. Järven rannoilla kasvaa lähinnä järviruokoa, sekä jonkin verran saroja ja järvikortetta. Matalilla alueilla esiintyy kelluslehtisiin kuuluvaa ulpukkaa. Vuonna 2009 otettujen pohjaeläinnäytteiden mukaan (Hagman 2010) Bodominjärvessä esiintyy harvasukamatoja, surviaissääsken toukkia sekä sulkasääsken toukkia. Hagmanin (2010) mukaan kyseiset lajit ilmentävät rehevyyttä ja pystyvät elämään hapettomissa tai vähähappisissa olosuhteissa.

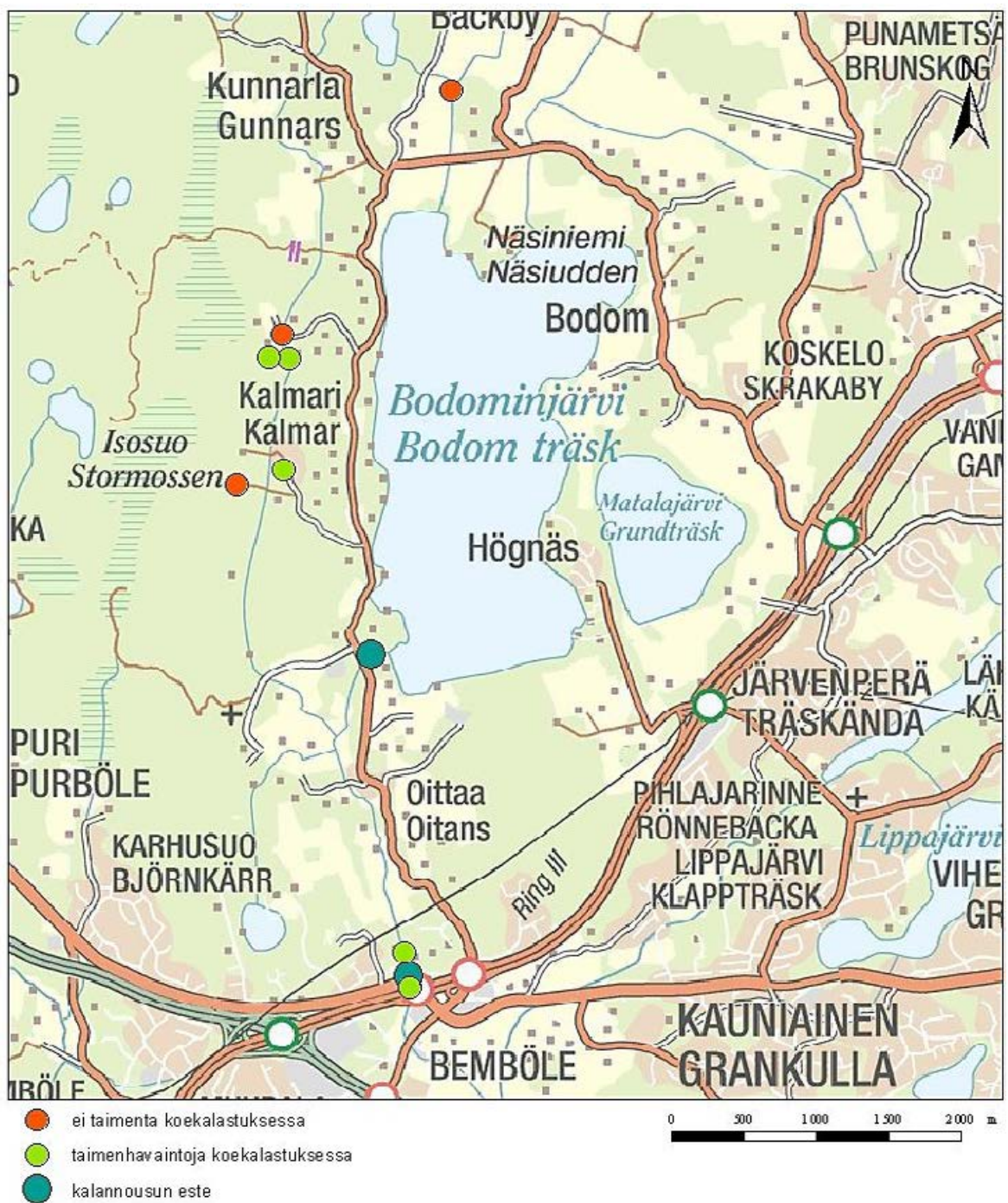
Bodominjärvessä on tehty Hagmanin (2010) mukaan koekalastus elokuussa 2008, jonka perusteella kalastoon kuuluvia kalalajeja ovat särki, salakka, lahna, pasuri, ahven, kiiski, kuha, hauki, siika ja ankerias. Koekalastuksen perusteella Bodominjärven kalamääräksi on arvioitu 70-200 kg/ha. Järveen on istutettu ankeriasta ja taimenta (Oinonen 2008).

2.4.1 Glomsinjoen taimenkannat

Espoon virtavedet on sähkökoekalastettu kesällä 2008 Espoonjoen virtavesiselvitystä varten. Glomsinjoen vesistössä koekalastus tehtiin yhteensä 8 koekalastuspaikalla, joista kaksi sijaitsi Glomsinjoen pääuomassa ja loput Glomsiin laskevissa puroissa. Koekalastuksessa vesistöstä löydettiin taimenta viideltä koekalastusalueelta (kuva 2.9). Muita lajeja olivat kivisimppu, ahven, särki, kiiski ja salakka. (Janatuinen 2008)

Espoonjoen virtavesiselvityksen mukaan (Janatuinen 2009) Glomsinjoessa sijaitsevan Lommilan Myllykoskessa sijaitseva kallioköngäs muodostaa merkittävän nousuesteen, josta luultavasti vain kookkaat taimenet pystyvät ajoittain nousemaan. Bodominjärven pato on taimenelle täydellinen nousueste.

Lempisen (2001) mukaan Bodominjärven alapuolisessa Glomsinjoen haarassa sijaitsevien koskialueiden pinta-ala on yhteensä 0,1 hehtaaria. Lähimpänä Bodominjärveä olevat kaksi ylintä koskea ovat kuitenkin ajoittain kuivillaan ilmeisesti säännöstelyn takia. Taimenelle suotuisia poikastuotantoalueita ovat muun muassa Glomsinjokeen laskeva Ryssänniitynoja sekä siihen laskevat purot (Janatuinen 2009). Myös Bodominjärveen laskeva Häcklabäcken on taimenen poikastuotantoon soveltuvaa aluetta (Lempinen 2001).



Kuva 2.9. Taimenen esiintyminen Glomsinjoessa sekä jokiosuuden nousuesteet. Luvat: Maanmittauslaitos lupa nro 7/MMML/11, Affecto Finland Oy, Karttakeskus, Lupa L4659.

3 Tutkimusprosessin kuvaus lyhyesti

Bodominjärven säännöstelynmuuttamisen mahdollisuuksia sekä muutoksen vaikutuksia arvioidaan menetelmällä, jonka tutkimusvaiheita sekä lopulliseen suositusvaihtoehtoon vaikuttaneet tekijät on esitelty seuraavassa luvussa. Suunnittelun vaiheet ja niiden keskinäiset suhteet on kuvattu pääpiirteittäin kuvassa 3.1. Vastaavanlainen menetelmäketju on ollut käytössä useissa suomalaisissa säännöstelyjen kehittämisselvityksissä (esim. Marttunen ym. 2004 ja Sutela ym. 2009).



Kuva 3.1. Bodominjärven säännöstelyn muutosmahdollisuuksien muodostamisen vaiheet.

Työssä on aluksi luotu maastokatselmusten ja sidosryhmätoiminnan pohjalta raja-arvot vedenkorkeudelle ja virtaamalle (luku 4.1), jotka tulisi suunnitellussa tilanteessa täyttää työlle asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Suunnitellun padon hydrologisia vaikutuksia on tarkasteltu Bodominjärven vesitaseeseen perustavalla laskentamallilla (luku 4.2). Kyseisellä mallilla on aluksi muodostettu Bodominjärven toteutuneen tulovirtaaman aikasarja havaintovuosille 1973-2010 (luku 4.3), johon säännöstelyn muuttamisen vaikutuksia on peilattu. Käytännössä simulointimallilla havainnollistetaan, mitä vaikutuksia suunnitellulla padolla olisi ollut vedenkorkeuteen ja virtaamaan kyseisellä havaintojaksolla.

Padon suunnittelussa ja mitoituksessa on käytetty luonnonmukaisten patorakenteiden suunnitteluperiaatteita ja eliöstön, erityisesti taimenen, asettamia vaatimuksia noudattaen. Erilaiset suunnitteluvaihtoehdot on pyritty kiteyttämään kolmeen vaihtoehtoon (luku 4.4), joista jatkotarkasteluun on otettu hydrologisille raja-arvoille asetetut tavoitteet parhaiten täyttävä vaihtoehto. Toteuttamiskelpoisimmalle, ns. suositusvaihtoehdolle muodostettiin kaksi sijoitusvaihtoehtoa maastokatselmusten ja muiden taustatietojen pohjalta. Parhaan sijoituspaikan määrittämiseksi padon toimintaa arvioitiin erilaisissa virtaustilanteissa HEC-RAS-virtausmallilla, jonka tulokset ja tulosten pohjalta määritelty padon optimaalinen sijoituspaikka on esitelty luvussa 4.5. Suositusvaihtoehdon alustavat suunnitelmat on esitelty luvussa 5 ja vaihtoehdon vaikutusten arvioinnin tarkastelumenetelmät sekä tulokset on esitelty tarkemmin luvussa 6.

4 Bodominjärven suunnitteluvaihtoehtojen vertailu ja valinta

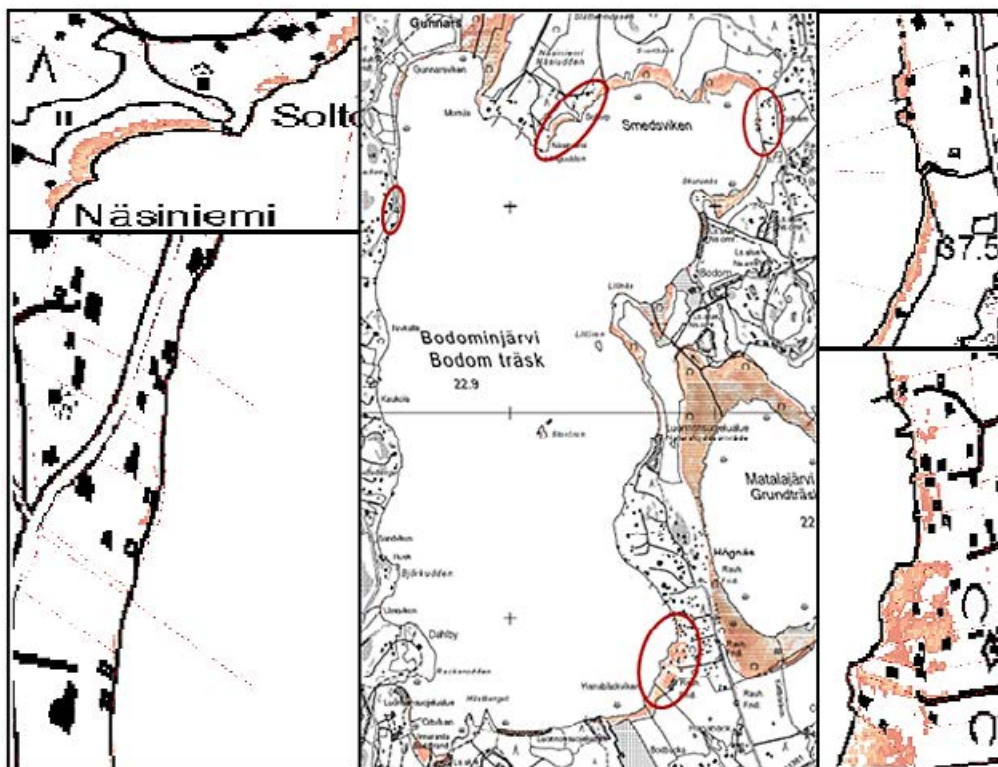
4.1 Vedenkorkeuden ja virtaaman raja-arvojen ja tavoitteiden määrittäminen

4.1.1 Sidosryhmätoiminta ja maastokatselmuks

Bodominjärven säännöstelyn muutosmahdollisuuksien selvittäminen on hyvin monitavoitteinen tehtävä. Hankkeella on useita intressitahoja, joiden näkemykset ja toiveet säännöstelyn tulevaisuudelle eroavat toisistaan. Lisäksi säännöstelyn muuttamisen tavoitteet ja vaikutukset ovat monitahoisia ja niiden arvioiminen tai vertailu keskenään on hankalaa. Optimaalisen säännöstelyn muutosratkaisun löytämiseksi suunnittelutyö on tehty interaktiivisessa vuorovaikutuksessa eri intressitahojen kanssa.

Bodominjärven ja Matalajärven säännöstelyn muuttamista varten perustettiin ohjausryhmä. Ryhmä kokoontui ensimmäisen kerran keväällä 2011, jolloin paikalla olivat edustajat Uudenmaan ELY-keskuksesta, HSY:stä sekä Espoon ympäristökeskuksesta. Ryhmän jäsenten kanssa tehtiin myös ensimmäinen maastokatselmus veneellä jäiden sulettua toukokuussa 2011. Työn edetessä ohjausryhmän jäsenmäärän kasvattaminen koettiin tarpeelliseksi muun muassa alueen käyttäjien ja paikallisten aktiivien näkökulmien huomioimiseksi. Laajennettu ohjausryhmä kokoontui kesällä ja syksyllä 2011 kolmesti ja lisäksi suunnittelualueelle tehtiin yhteinen maastokäynti. Ohjausryhmätoiminta on mahdollistanut erilaisten näkemysten ja tavoitteiden yhteensovittamisen, mikä on ohjannut suunnittelua optimaaliseen lopputulokseen. Lopullisessa ohjausryhmässä olivat edustettuina Uudenmaan ELY-keskus, HSY, Espoon ympäristökeskus, Espoon kaupungin liikuntatoimi, Bodominjärven kalastusyhdistys, Pro Bodominjärvi, Matalajärven suojeluyhdistys, Pro Espoonjoki ja Espoon ympäristöyhdistys.

Bodominjärven ranta-alueet katselmoitiin veneellä liikkuen 20.5.2011. Tarkastelulla pyrittiin arvioimaan rantojen tulvariskejä ja virkistyskäytön kannalta sopivaa vedenkorkeutta. Lisäksi nykyinen patoalue sekä pohjapadon suunnittelualueet katselmoitiin suunnittelualueen hahmottamiseksi ja jatkotutkimustarpeiden arvioimiseksi. Katselmuksessa pyrittiin kiinnittämään huomiota lisäksi mm. eroosioalueisiin. Vettymisvaarassa olevien rakennusten kartoitusta varten tarkasteltavat alueet valittiin korkeusmalliaineiston avulla ja kohdennettiin ranta-alueille, joissa peruskartta-aineiston perusteella sijaitsee rakennuksia korkeusväliillä N43 +23,00-23,50m. Tarkastelun tarkoituksena oli määrittää vedennousuraja, jolle vedenkorkeudet järvellä saavat nousta ennen tulvavahinkojen syntymistä. Tarkastellut alueet on esitetty kuvassa 4.1.



Kuva 4.1. Rakennusten vettymisen arviointialueet.

Luvat: Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/11, Affecto Finland Oy, Karttakeskus, Lupa L4659.

Katselmuksessa pyrittiin määrittämään sopiva vedenkorkeuden vaihteluvyöhyke myös rantojen virkistyskäytön kannalta. Kartoituksessa sovellettiin VIRKI-mallin periaatteita (Aittoniemi ym. 1993, Sinisalmi 1995), jossa rantakiinteistöjen kesäaikaista virkistyskäyttöä tarkastellaan rantojen käytön näkökulmasta. Vesirajan sijainnille määritellään mallissa ns. optimivyöhyke, eli sellainen vesirajan sijaintivyöhyke, jolla rannan käytölle ei aiheudu haittaa. Optimivyöhyke riippuu mm. rannan maalajista ja on laajempi hiekka-pohjaisilla alueilla esimerkiksi liejupohjaisiin rantoihin verrattuna. VIRKI-mallissa optimivyöhyke määritetään jokaiselle rantakiinteistön rannalle erikseen. Tässä työssä katselmuksella pyrittiin kuitenkin vain arvioimaan virkistyskäytön kannalta sopivaa vedenkorkeuden vaihteluvyöhykettä suuntaa-antavasti.

4.1.2 Vedenkorkeuden ja virtaaman raja-arvojen ja tavoitteiden tulokset

Ohjausryhmän kokouksissa Bodominjärven nykyisiä vedenkorkeuksia pidettiin hyvänä ja sen koettiin jäljittelevän järven luonnonmukaista vedenkorkeuden rytmiä. Näin ollen suunnittelussa pyrittiin löytämään ratkaisu, jossa vedenkorkeus pysyisi nykyisten säännöstelyrajojen välillä. Päivämääriin sidottu säännöstelyohjeesta pyrittiin kuitenkin luopumaan. Ongelmalliseksi oli koettu erityisesti päivämäärään sidottu kevätkuopan teko, joka tulee luvan mukaisesti tehdä vesi- tai lumitilanteesta riippumatta. Korvauksellisista syistä keskivedenkorkeus ei saisi järvellä muuttua.

Korkeusmallin avulla kohdennetun maastokatselmuksen mukaan rantarakennuksille ei synny vettymishaittoja nykyisten säännöstelyrajojen sisällä. Joulukuussa 2011 tulvakorkeudet järvellä nousivat N43 +23,16m, jolloin rakenteiden vahingoilta vielä vältyttiin. Paikallisia vahinkoja voi kuitenkin olla odotettavissa Bodominjärven vedenkorkeuden ylittäessä N43 +23,20m.

Kuvassa 4.2 on Bodominjärven Oittaaan uimarannalta katselmuspäivänä 20.5.2011 otettu kuva. Kyseisenä päivänä vedenkorkeus oli 22,77 m +N43, joka koettiin virkistyskäytön kannalta optimaaliseksi vedenkorkeudeksi. Erityisesti loppukesän alaiset vedenkorkeudet oli järvellä koettu virkistyskäytön kannalta haitallisiksi. Järven virkistyskäytön kannalta optimaaliseksi vedenkorkeuden vaihteluväliksi arvioitiin N43 + 22,60-22,85m.

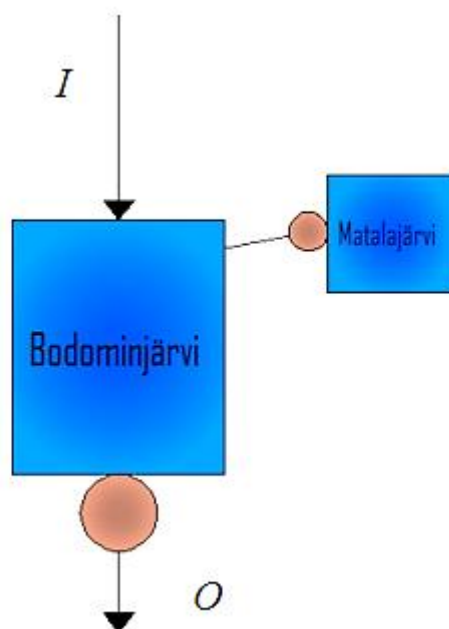


Kuva 4.2. Oittaaan uimaranta (WN43 + 22,77 m). Kuva: © Niina Kärkäs

Säännöstelyvaihtoehtoja etsittäessä vedenkorkeuden tulisi pysytellä ylärajan N43 +23,10m ja alarajan N43 +22,40m välillä. Lisäksi eri vuodelle asetettiin suurpiirteiset tavoitevedenkorkeudet, jolloin kevään vuosittainen tulvahuippu olisi noin N43 +23,05m ja vedenkorkeus kesäkuukausina N43 +22,60-22,85m. Lisäksi talvella, mikäli lumen vesi-arvo on korkea ja odotettavissa on hyvin runsas kevättulva, vedenkorkeus saa laskea tulvan ennakoimiseksi nykyisen säännöstelyn alarajalle N43 +22,24m. Nykyiset menovirtaamalle asetetut ehdot tulisi täyttää myös uudella padolla, jolloin alivirtaama Glomsinjokeen on ympäri vuoden vähintään 0,02 m³/s, eikä ylivirtaama ylitä 2,0 m³/s. Aliveden turvaamiseksi nykyinen alusvettä poistava putki päätettiin jättää käyttöön. Tavoitteena on, että padon juoksutus olisi mahdollisimman luonnonmukaista rytmiä jäljittelevä.

4.2 Bodominjärven hydrologinen laskentamalli

Erilaisten patoratkaisuiden tai säännöstelykäytäntöjen vaikutuksia Bodominjärven vedenkorkeuksiin ja virtaamiin tarkastellaan vesitaseyhtälöön perustuvalla simulointimallilla, jonka toimintaperiaate on esitetty kuvassa 4.3.



Kuva 4.3. Bodominjärven ja Matalajärven laskentamallin periaatekaavio.

Malli simuloi järven päivittäistä vedenkorkeutta, joka voidaan laskea järven tulovirtaaman, padosta juoksutetun menovirtaaman sekä järven vedenkorkeus-tilavuuskäyrän avulla. Järven menovirtaama O määräytyy vallitsevan vedenkorkeuden ja suunnitellun padon profiilin ja mahdollisen juoksutussäännön mukaisesti padon purkautumiskäyrältä.

Matalajärven lasku-uomaan rakennettu pohjapadon tarkoitus on estää Matalajärven vedenpinnan laskua liian alhaiselle tasolle, kun Bodominjärven vedenpinta on padon kynnyksen alapuolella. Tällöin mallin varastofunktio huomioi vain Bodominjärven tilavuuden. Muulloin veden oletetaan varastoituvan molempiin järviin, jolloin vedenpinnan ollessa yli N43 +22,69m varastotilavuuden funktio huomioi sekä Bodominjärven että Matalajärven tilavuuden. Todellisuudessa vesi virtaa Bodominjärvestä Matalajärven suuntaan, jos Bodominjärven pinta on Matalajärven pintaa korkeammalla. Matalajärven havaintoaineiston puutteellisuuden vuoksi virtaaman oletetaan liikkuvan kuitenkin vain Matalajärvestä Bodominjärveen, ja Matalajärvestä tuleva virtaama on osa Bodominjärven nettotulovirtaamaa I .

4.3 Bodominjärven havaintojakson tulovirtaama ja vesiolosuhteet

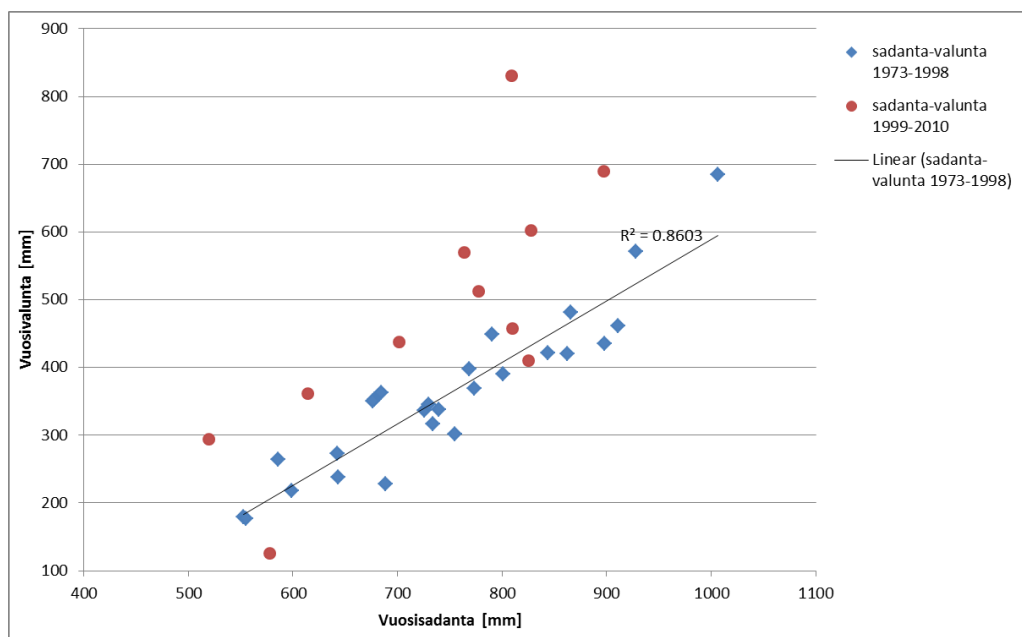
Bodominjärven hydrologisten tarkastelujen perustana on järven toteutuneen nettotulovirtaaman aikasarja I , joka määritettiin vesitaseyhtälöllä Bodominjärven vedenkorkeushavaintojen, vedenottamolle toimittujen ja padosta juoksutettujen virtaamien sekä järven tilavuuskäyrän avulla vuosille 1973-2010. Bodominjärveltä ei ole mitattuja virtaamahavaintoja, vaan laskennassa käytetyt virtaamat perustuvat padon purkautumiskäyrältä määritettyihin arvoihin.

Eri vuosikymmenten lasketut Bodominjärven nettotulovirtaaman keskiarvot on esitetty taulukossa 4.1. Tulosten mukaan Bodominjärven nettotulovirtaama on huomattavasti kasvanut havaintojaksolla ja laskettu nettotulovirtaama sekä valuntaan päätyvä prosentuaalinen osuus sadannasta on hyvin suuri 2000-luvulla, mikä herätti epäilystä tulosten oikeellisuudesta. Bodominjärven nettotulovirtaaman arvioimiseksi laskettiin tulovirtaama myös vertailuvesistön avulla. Laskentaan käytettiin Vihdin Palojärvenkosken virtaama-arvoja (tiedot Hertta-järjestelmästä). Palojärvenkosken yläpuolinen valuma-alue on 86 km² ja järvisyys 10 %. Valuma-alueen ominaisuudet eivät aivan vastaa Bodominjärven valuma-aluetta, mutta riittävän pitkiä havaintosarjoja virtaamista oli hankala löytää läheltä Bodominjärveä. Koska kyseessä oli lähinnä menetelmien vertailu, tehtiin muunnos valuma-alueiden pinta-alojen suhteen. Taulukossa 4.1 on esitetty molemmilla menetelmillä laskettu nettotulovirtaama, vuosisadanta ja valuntaan päätyvä prosentuaalinen osuus sadannasta eri vuosikymmenillä.

Taulukko 4.1. Bodominjärven tulovirtaama, sadanta ja valunta eri vuosikymmenillä.

	Keskim. nettotulovirtaama m ³ /s	keskim. vuosisadanta mm	keskm. valunta-prosentti %	Nettotulovirtaama vertailu vesistö m ³ /s
1973-1979	0.32	693	46	0.30
1980-1989	0.40	784	50	0.39
1990-1999	0.37	758	48	0.35
2000-2010	0.50	730	67	0.35

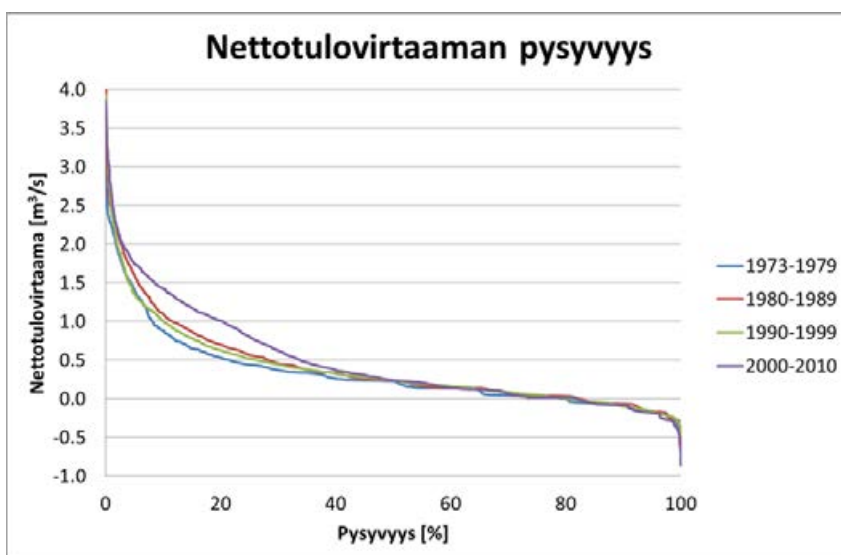
Eri menetelmillä lasketut nettotulovirtaamat ovat samansuuntaisia 70-, 80- ja 90-luvulla, mutta 2000-luvun havaintojen avulla laskettu tulovirtaama on selkeästi suurempi kuin vertailuvesistön avulla lasketut tulokset (taulukko 4.1). Myös sadannan ja valunnan välisen lineaarisen yhteyden löytäminen 2000-luvulle on vaikeaa (kuva 4.4).



Kuva 4.4. Vuotuisen sadannan ja valunnan suhde havaintojaksolla 1973-1998.

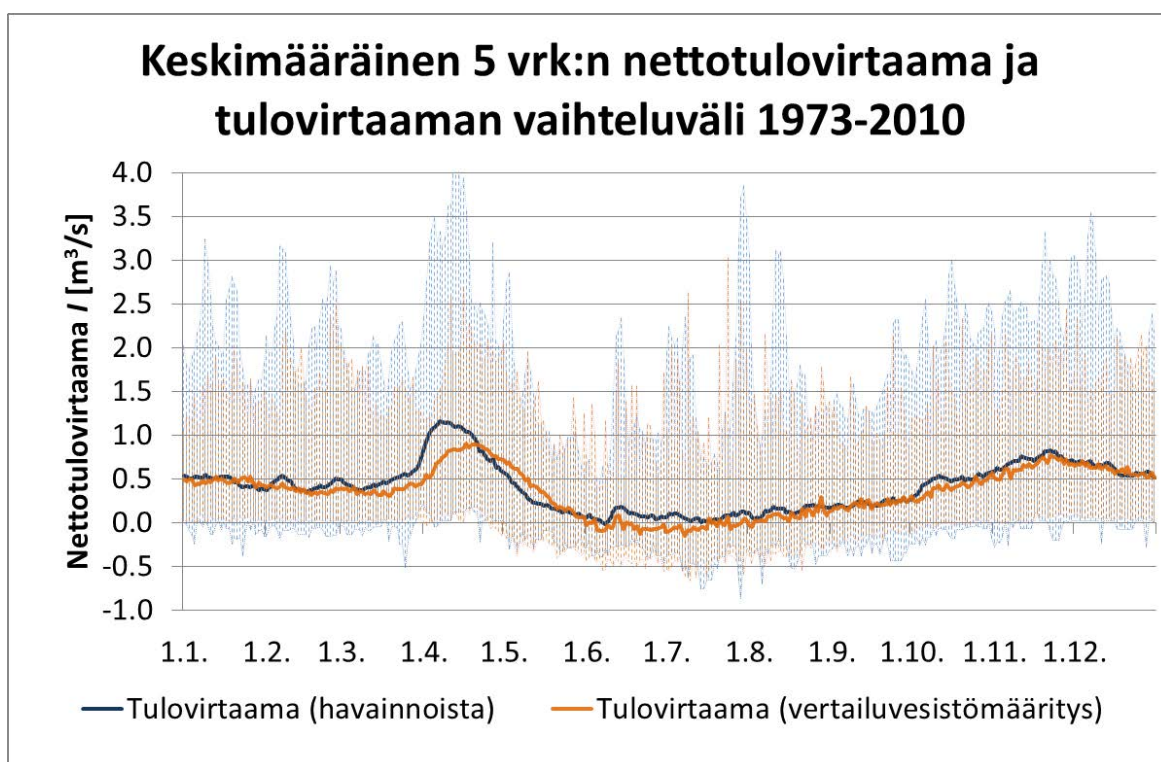
Mikäli tarkastellaan vain vuosia 1973-1998, jolloin Bodominjärvi on ollut raakaveden lähteenä, on vuotuisen sadannan ja valunnan välillä selvä korrelaatio ja R² on 0,86. Kyseiseltä ajanjaksolta keskimäärin 47 % sadannasta on päätynyt valuntaan, kuivina vuosina 1975-1976 valuntaprocentin ollessa 31 % ja runsassateisena vuotena 1981 68 %. Vuosina 1999-2010 selkeän yhteyden löytäminen on hankalampaa ja myös sadannasta valuntaan päätyvä prosentti vaihtelee suuresti. Kuivimpana vuonna 2003 valuntaan päätyy 21 % sadannasta ja tulosten mukaan vuonna 2008 valuntaan päätyisi yli 100 %. Nettotulovirtaaman jakaumaa eri vuosikymmenillä on havainnollistettu pysyvyysskylillä (kuva 4.5). Pysyvyyss-

käyrä ilmaisee suhteellisen ajan, jonka nettotulovirtaama on tietyn arvon yläpuolella. Kuvasta nähdään, että suurten virtaamien prosentuaalinen osuus olisi kasvanut selkeästi 2000-luvulla.



Kuva 4.5. Tulovirtaaman pysyvyys eri vuosikymmenillä.

Havaintojakson päivittäinen keskimääräinen nettotulovirtaama ja nettotulovirtaaman vaihteluväli on esitetty kuvassa 4.6. Nettotulovirtaamat on laskettu viiden vuorokauden liukuvana keskiarvona vuorokautisten vaihteluiden tasaamiseksi.



Kuva 4.6. Bodominjärven päivittäinen keskimääräinen nettotulovirtaama sekä nettotulovirtaaman vaihteluväli Bodominjärven W- ja Q-tietojen sekä vertailuvesistön avulla määritettynä.

Syksyllä järven tulovirtaama on hieman keskiarvoa suurempi syyssateista johtuen. Talvella tulovirtaama pienenee, kun suuri osa sateesta sataa lumena ja vesi on sitoutuneena lumeen. Lumen sulaminen ja siitä johtuva tulovirtaaman kohoaminen alkaa Bodominjärvellä yleensä maaliskuun lopulla jatkuen tou-

kokuun alkuun saakka. Vuosittainen ylitulovirtaama ajoittuu keskimäärin huhtikuun puoliväliin. Kevätvalunnan päätyttyä järven nettotulovirtaama pienenee ja on kesän ajan keskimäärin lähellä nollaa ja helteisinä jaksoina vähäisestä sadannasta ja voimakkaasta haihdunnasta johtuen negatiivista.

Vertailuvesistössä Vihdin Palojärvenkoskella lumen sulanta ajoittuu hieman myöhempään (kuva 4.6), ja vertailuvesistön avulla määritetty keskimääräinen tulovirtaaman huippu keväisin jää matalammaksi ja jakautuu pidemmälle aikavälille verrattuna Bodominjärven havaintojen avulla määritettyyn tulovirtaaman keskimääräisen huippuun. Myös yksittäiset tulovirtaamapiikit jäävät vertailuvesistönmenetelmällä pienemmäksi. Järven säännöstelyn kannalta merkityksellistä on kuitenkin erityisesti yksittäisten tulvatapah-
tumi-
en synnyn ja kulun ymmärtäminen, mitä ei voida vertailuvesistön avulla riittävällä tarkkuudella määrittää (esim. kevättulvan ajoittuminen). Näin ollen laskelmissa on päädytty käyttämään Bodominjärven vedenkorkeushavainnoista laskettuja nettotulovirtaaman tuloksia, vaikka erityisesti 2000-luvun korkeat tulovirtaamat ja niiden poikkeavuus erityisesti muista vuosikymmenistä herättääkin epäilyksiä mahdollisista virheistä.

Säännöstelyn muuttamisen vaikutusten arvioimiseksi on tarkasteltava riittävän erilaisia vesiolosuhteita. Havaintojaksolta voidaan erottaa padon toiminnan kannalta haasteellisimmat vuodet jaoteltuina ryhmiin runsaslumis-
iset vuodet, sateiset sekä kuivat vuodet. Runsaslumisiksi vuosiksi on määritelty vuodet, jolloin talven lumen vesi-
arvo on ollut yli 140 mm tai tulovirtaaman ollessa lumen sulannan aikana poikkeuksellisen suurta. Vuosi on otettu määrän vuoden tarkasteluun, mikäli kuukauden sadanta tai tulovirtaama kahtena peräkkäisenä kuukautena (lukuun ottamatta lumesta syntynyttä valuntaa) on ollut yli 30 % keskimääräistä suurempi, vaikkei kyseinen vuosi olisikaan vuosisadantaa verratessa poikkeava. Myös vuodet, joissa yhden kuukauden kuukausisadanta on yli kaksinkertainen kyseisen kuukauden keskimääräiseen arvoon, on otettu mukaan tarkasteluun merkänä vuotena. Vuosi on valittu kuivien vuosien joukkoon, mikäli kyseisenä vuotena on ollut merkittävän kuiva jakso, joka on aiheuttanut ongelmia säännöstelyn suhteen. Tulovirtaamaltaan erilaiset vesivuodet on ryhmitelty asetettujen kriteerien mukaisesti taulukkoon 4.2.

Taulukko 4.2. Havaintojakson erilaiset vesiolosuhteet vuosittain.

Runsaslumis- iset vuodet	1977, 1982, 1984, 1985, 1986, 1999, 2010
Märät vuodet	1974, 1980, 1981, 1983, 1986, 1993, 2000, 2004, 2005, 2007, 2008
Kuivat vuodet	1975–1976, 2002–2003

4.4 Suunnitteluvaihtoehtojen muodostus ja valinta

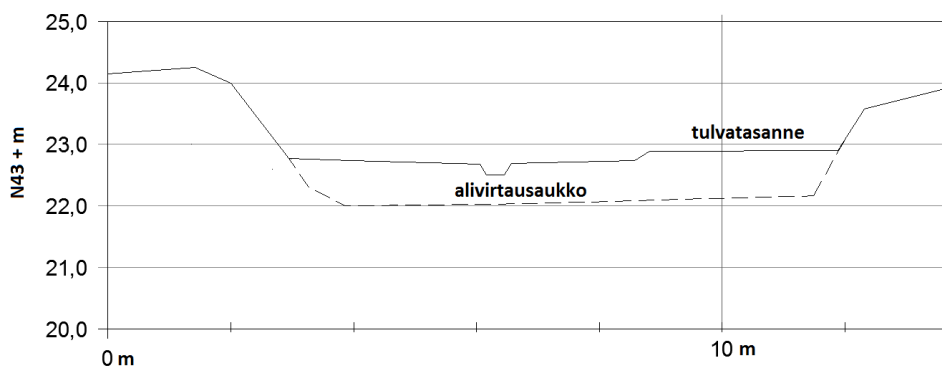
Erilaisten patovaihtoehtojen vaikutuksia simuloitiin Bodominjärven hydrologisen mallin avulla ja suunnitelmia täsmennettiin kokouksissa esitettyjen näkemysten ja toiveiden tai muiden tulosten mukaisesti. Padon suunnittelussa käytetään luonnonmukaisten pohjapatojen suunnitteluperiaatteita, joiden tavoitteena on mahdollistaa eliöstön vapaa kulku, parantaa virtavesi-
habitaatteja kuitenkin vesistön ja rantojen käyttö sekä tulvasuojelliset näkökohdat huomioiden. Padon harjan mitoittamiseen käytetään Polenin ylisyöskykaavoja. Virtaama alapuoliseen uomaan turvataan alivesiaukolla ja myös nykyinen alivirtaama-
putki jätetään käyttöön. Rakenne pyritään mitoittamaan niin, ettei alavesi vaikuta purkautumiseen. Padon kalannousun mahdollistava luiska muotoillaan kynnysrakenteena taimenen uintikyvyn asettami-
en ehtojen mukaisesti. Kynnysten välisen vedenkorkeuseron ei tule ylittää 0,20 m (DVVK ym. 1999) ja veden virtauksen teho tilavuuden suhteen tulee olla maksimissaan 200 W/m³ (Larinier 2002).

Erilaisista suunnitteluvaihtoehtoista (VE) on valittu kolme, joiden vaikutuksia ja toteutusmahdollisuuksia on arvioitu tässä luvussa. Eri patovaihtoehtojen hydrologisia vaikutuksia Bodominjärven vedenkorkeuteen ja menovirtaamaan havainnollistetaan pysyvyyskäyrillä. Vaihtoehto, joka hydrologisten tarkastelujen mukaan toteuttaa parhaiten säännöstelylle asetetut tavoitteet, on valittu ns. suunnitteluvaihtoehdoksi, jonka vaikutuksia on tarkasteltu erikseen muita vaihtoehtoja tarkemmin (luvut 5 ja 6). Lisäksi padon sijaintimahdollisuuksien arvioimiseksi tuotetun virtausmallin tarkastelut on tehty vain suositusvaihtoehdon mukaisella pato- ja säännöstelyratkaisulla.

4.4.1 VE 1 – Luonnonmukainen pohjapato

Suunnitteluvaihtoehdossa Bodominjärven säännöstelystä luovutaan kokonaan ja nykyinen säännöstelypato korvataan kiinteällä pohjapadolla, jolloin järven vesitase, vedenkorkeus ja menovirtaama määräytyvät valuma-alueen hydrologian ja uuden padon purkautumiskyvyn mukaan. Kiinteä pohjakynnys muo-

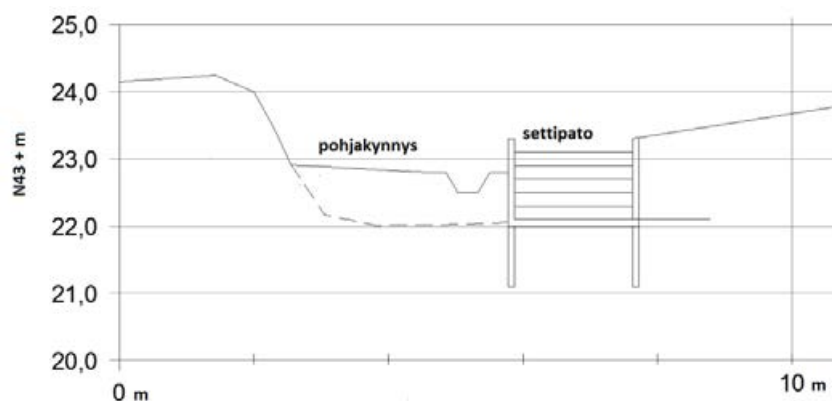
toillaan kaksitasoisena rakenteena, jossa alivirtaamat kulkeutuvat pienemmän poikkipinta-alan läpi alivirtaama-aukosta vesisyvyyden säilyttämiseksi, ja ylivirtaamalla pato purkaa vedet koko kynnyksen leveydeltä. Suunnittelussa tarkasteltiin vedenkorkeus- ja virtaamarajoitteista luonnonmukaista patovaihtoehtoa VE1a ja VE1b. Vaihtoehto 1a tarkoittaa luonnonmukaista pohjapatoa, jonka purkautuminen on mitoitettu niin, etteivät vedenkorkeudet järvellä nouse haitallisiksi. Ylimmillä vesillä padon purkautumiskykyä lisää ns. tulvatasanne (kuva 4.7). Vaihtoehto 1b taas on mitoitettu menovirtaamaa rajoittavasti niin, ettei menovirtaamalle asetettua maksimia ylitetä. Kyseisessä vaihtoehdossa ei ole tulvatasannetta.



4.7. Pohjavaihtoehdon VE1a poikkileikkauksen kaaviokuva.

4.4.2 VE 2 – Kiinteä pohjakynnyks ja settipato

Suunnitteluvaihtoehto on määritetty virkistyskäytön ehdoilla, jolloin padon purkautumista joudutaan rajoittamaan riittävän vedenkorkeuden säilyttämiseksi. Pato mitoitetaan niin, että kesällä tulovirtaaman ja erityisesti haihdunnan ollessa suurta vedenkorkeus virkistyskäytön kannalta säilyisi entisellään. Tulvavahinkojen välttämiseksi pohjakynnyksen yhteyteen suunnitellaan erillinen settipato (kuva 4.8), jonka kautta runsassateisina jaksoina on mahdollista suorittaa lisäjuoksutusta sekä ennakoita kevään lumen sulannasta syntyvää valuntaa.

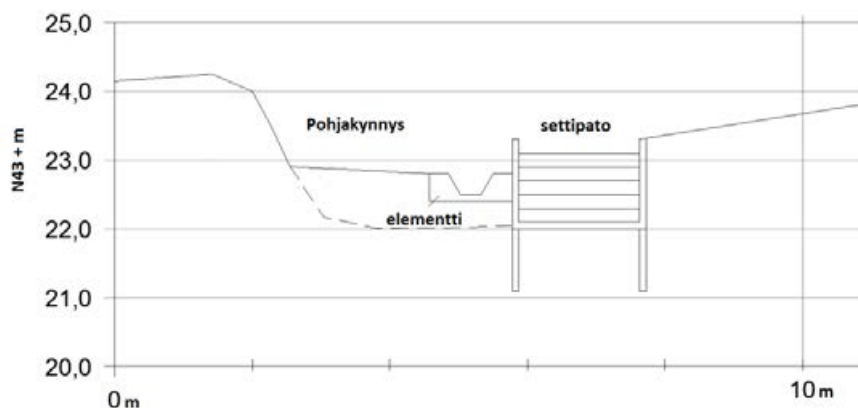


4.8. Pohjavaihtoehdon VE2 poikkileikkauksen kaaviokuva.

4.4.3 VE 3 – Säädetty pohjakynnyks ja settipato

Kolmannessa suunnitteluvaihtoehdossa kalanousukynnyksen virtaamia pyritään kasvattamaan verrattuna vaihtoehtoon 2 juoksuttamalla osa settipadon virtaamasta kynnyksen kautta. Tämä toteutetaan suunnittelemalla kiinteään kynnykseen elementti (kuva 4.9), jonka avulla kynnyksen purkautumista on säädettävissä vesitilanteen mukaan. Kesällä elementti pienentää padon alivirtaama-aukkoa estäen vedenpinnan tippumisen merkittävimmän virkistyskäyttökauden aikana. Syksyllä virtaamien noustessa elementti nostetaan ylös, jolloin padon purkautumiskapasiteetti kasvaa. Tällöin normaalisateisina syk-

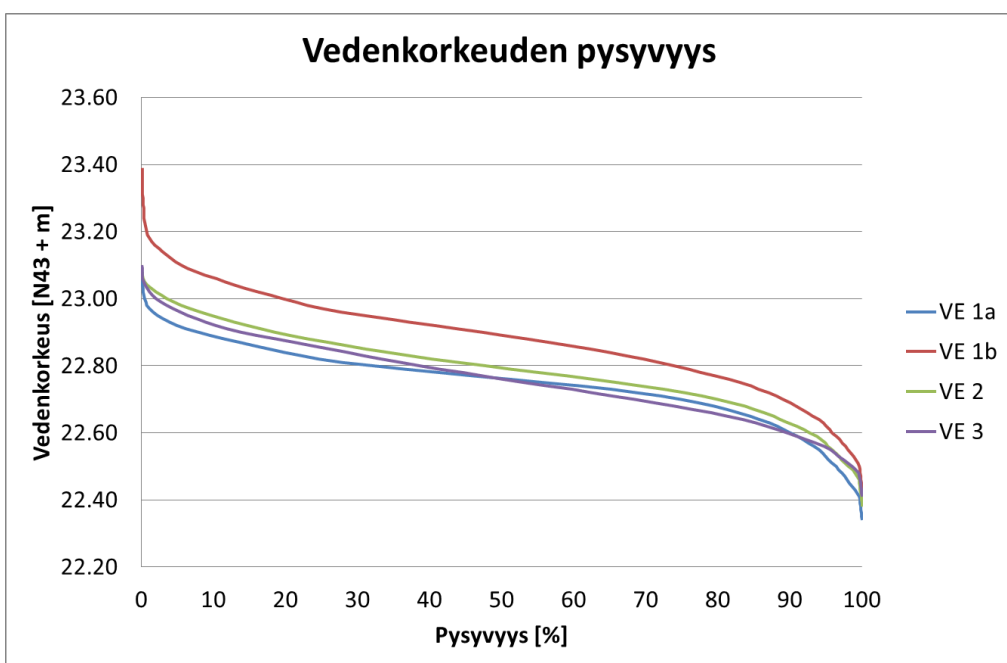
syinä ja vähälumisina talvina kaikki virtaus kulkeutuu pohjapadon kautta ja settipatoa käytetään ainoastaan poikkeuksellisempien tilanteiden hallinnassa.



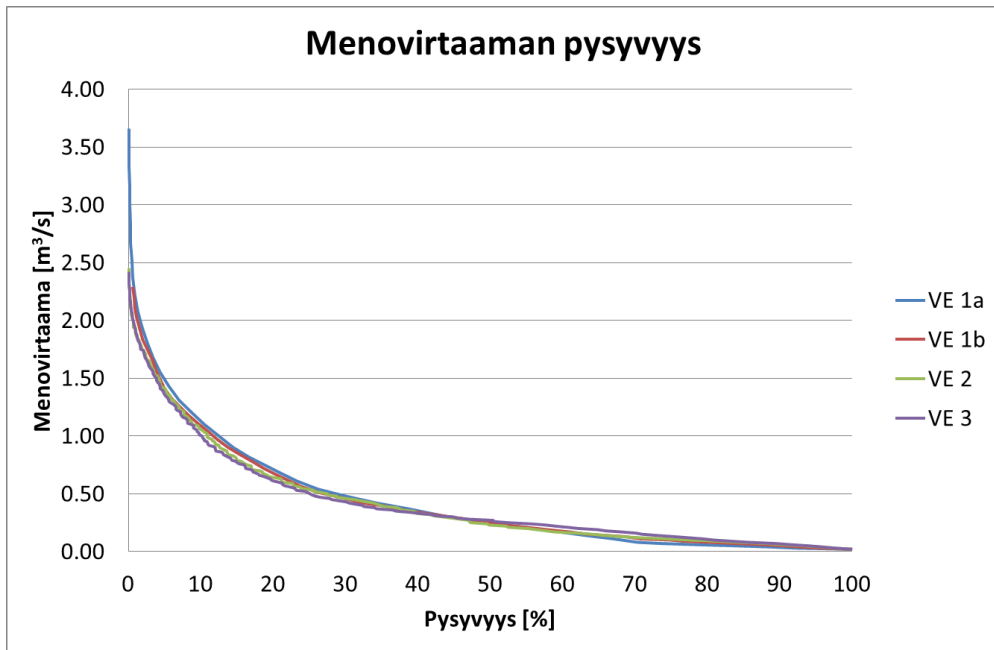
4.9. Pohjavaihtoehdon VE3 poikkileikkauksen kaaviokuva.

4.4.4 Vaihtoehtojen hydrologiset vaikutukset

Eri suunnitteluvaihtoehtojen hydrologisia vaikutuksia järven vedenkorkeuteen ja menovirtaamiin on havainnollistettu pysyvyyskäyrillä (kuvat 4.10 ja 4.11). Kaikki tarkastellut patovaihtoehdot toimivat ns. normaalivietisinä vuosina ja tilanteissa, joissa järven tulovirtaama ei ylitä padon maksimijuoksutuskapasiteettia. Järvi tasaa hetkellisiä tulovirtaamapiikkejä, mutta alueen tulovirtaama saattaa kuitenkin lumisen talven tai runsassateisen jakson seurauksena olla pitkiä jaksoja suurempaa kuin sallittu menovirtaaman maksimi. Tällöin luonnonmukaisen patorakenteen ongelmana on vedenkorkeuden ja virtaaman vaihtelulle asetettu pieni vaihteluväli. Leveä kynnys, joka estää tulvavesien nousua järvellä nostaa virtaamia alajuoksulle yli sallittujen rajojen (VE1a kuvassa 4.11). Kapeampi hitaasti purkava pato taas nostaa vedenkorkeutta järvellä yli sallittujen rajojen (VE1b kuvassa 4.10). Molemmat vaihtoehdot 2 ja 3 toimivat settipadolla tehtävän ennakkoinnin vuoksi sekä vedenkorkeuden että virtaaman rajoja rikkomatta.

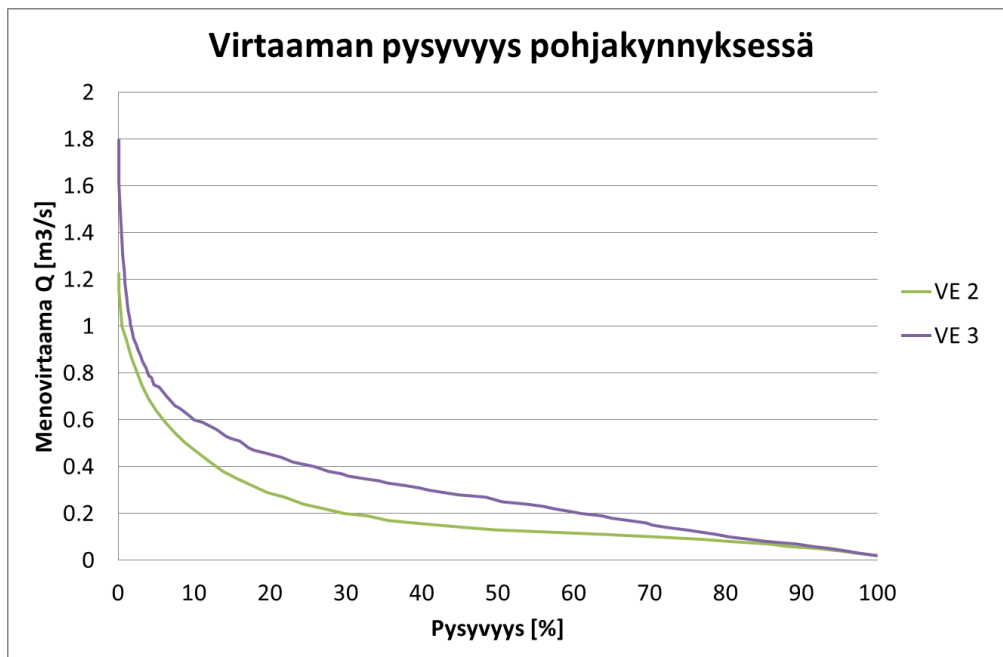


Kuva 4.10. Bodominjärven vedenkorkeuden pysyvyys eri suunnitteluvaihtoehdoilla.



Kuva 4.11. Bodominjärven menovirtaamien pysyvyys eri patovaihtoehdoilla.

Nykysäännöstelyssä vedenkorkeus on säilytetty pitämällä patoluukku kesäkauden suljettuna. Vaihtoehdon 2 kiinteä kynnyksen purkautuminen on mitoitettu niin, etteivät vedenkorkeudet virkistyskäytön kannalta laske liian nopeasti. Riittävän korkean kynnyksen tekeminen kuitenkin vaikeuttaa kynnyksen itsenäistä toimintaa ja vedenkorkeuden säätely syksyllä ja talvella on lähinnä settipadon varassa, mikä vaatisi jatkossa tarvetta seurata järven vedenkorkeutta ja valmiutta säätää patoa. Tämä on hankalaa säännöstelijän kannalta, ja äkillisesti vaihtelevat virtaamat ovat haitallista myös alapuoliselle vesistölle. Tällöin myös varsinaisen kalannousuun tarkoitettun kynnyksen kautta virtaava vesimäärä on hyvin pieni, ja mm. taimenen nousemiseksi houkutusvirtaamat kalannousun mahdollistamiseksi jäävät pieneksi. Kuvassa 4.12 on vertailtu vaihtoehtojen 2 ja 3 vaikutusta varsinaisen kalannousuun tarkoitettun kynnyksen virtaamiin. Poistamalla padon alivirtaama-aukkoa pienentävä elementti, virtaa pohjakynnyksen kautta huomattavasti enemmän vettä. Myös säännöstelijän velvollisuudet settipalkkien säädössä tällöin vähenevät ja pato toimii itsenäisemmin.



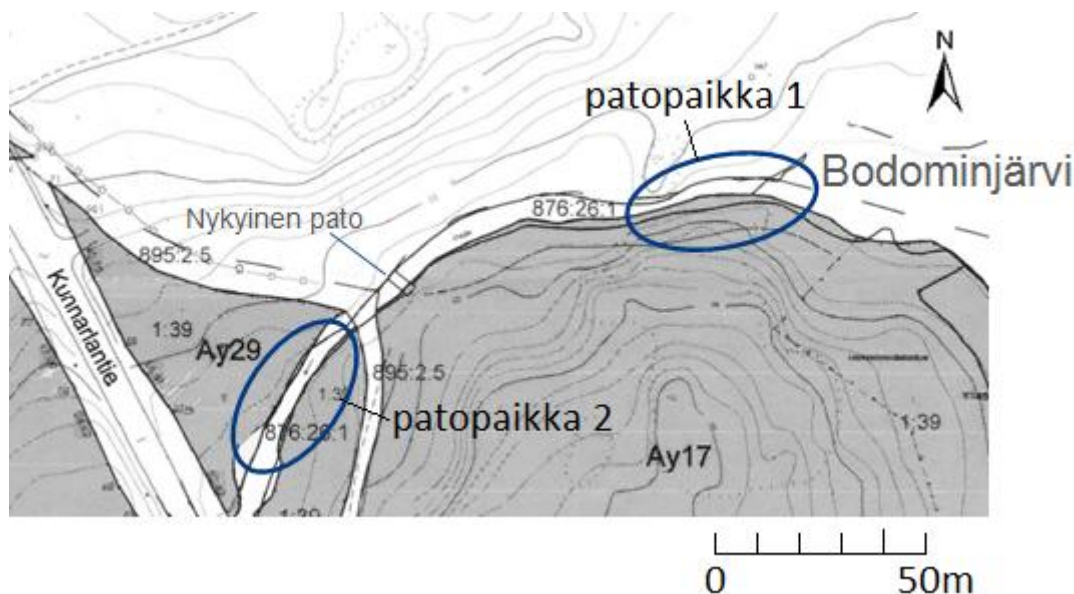
Kuva 4.12. Virtaaman pysyvyys kalannousuun tarkoitettussa kynnyksessä patovaihtoehdoilla 2 ja 3.

Suunnittelulle asetettujen raja-arvojen täyttäminen Bodominjärvellä onnistuisi tarkastelujen mukaan parhaiten ratkaisulla, jossa suurin osa virtaamasta purkautuu kalannousun mahdollistavan pohjakynnyksen kautta ja settipatoa käytetään vain tulvatilanteiden ennakointiin ja hyvin sateisten jaksojen aikana. Padon alivirtaama-aukon pienentäminen kevättulvan jälkeen turvaa merkittävimmän virkistyskäyttökauden vedenkorkeudet. Näin ollen patovaihtoehto kolme valittiin jatkotarkasteluun.

4.5 Padon sijoituksen määrittäminen

Olennaista padon sijainnin kannalta on kalataloudellisesti riittävän loivan padon rakentamismahdollisuus sekä uoman vedenjohtokyky. Muita merkittäviä tekijöitä ovat alueen kiinteistöomistus, patopaikan rakennettavuus ja esimerkiksi padon rakentamisaikaisten töiden ja myöhempien huoltotöiden tekemähdollisuus paikalla mahdollisimman vähän ympäristöä häiriten.

Maastokatselmuksien ja taustatietojen perusteella Bodominjärven säännöstelypadon korvaavalle padolle löytyi kaksi potentiaalista sijoituspaikkaa, jotka on esitetty kuvassa 4.13.



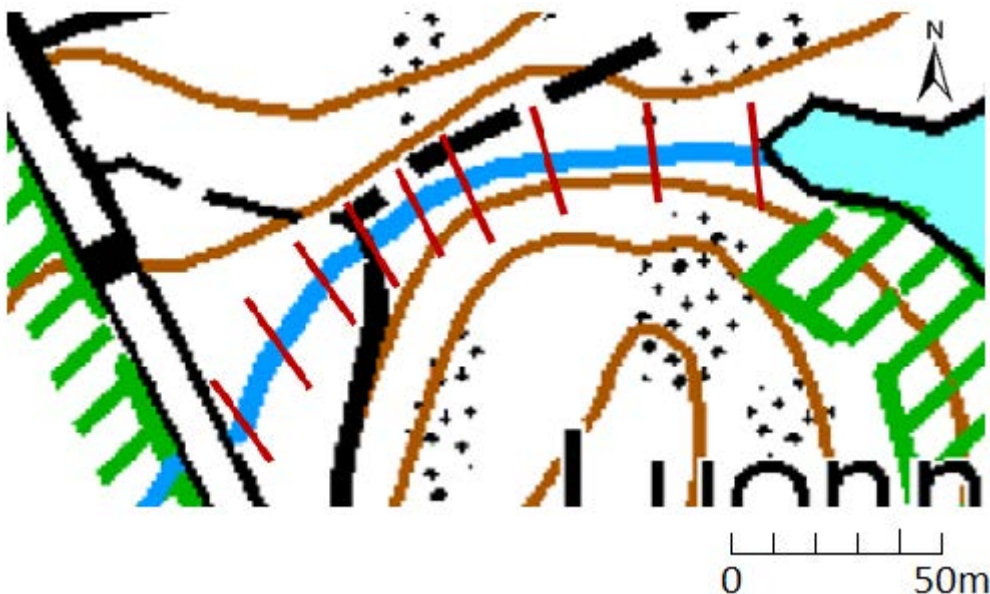
Kuva 4.13. Suunnitellun padon potentiaaliset sijoituspaikat.

Nykyisen padon alapuolisen sijoituspaikan merkittävimpiä etuja ovat muun muassa padon rakennusaikeisten töiden hyvät tekemähdollisuudet, sillä nykyinen pato toimisi myös työpatona ja sen kautta voitaisiin suorittaa koejuoksutusta. Lisäksi kulku padolle onnistuu helposti ympäri vuoden. Alue on lisäksi Espoon kaupungin omistuksessa, jolloin esimerkiksi maanlunastuksia ei todennäköisesti tarvitse tehdä. Pato sijaitsee kuitenkin lähellä Kunnarlantietä, jolloin kalataloudellisesti riittävän loivan padon rakentaminen saattaa koitua ongelmaksi. Padon sijoitusvaihtoehto järven luusuassa taas mahdollistaisi kalataloudellisesti riittävän loivan padon rakentamisen sekä virtavesihabitaattien muodostumisen koko uoman osalle. Molemmissa sijoituspaikoissa maaperä on pääasiassa moreenia, ja paikat ovat rakennettavuusluokituksensa perusteella yhtä hyviä sijoituspaikaksi (Turpeinen 2009).

4.5.1 Maastomittaukset

Patorakenteiden sijoituspaikan määrittämiseksi Bodominjärven lasku-uomassa tehtiin heinäkuussa 2011 maastomittauksia. Mittausten tarkoituksena oli selvittää uoman pituusprofiili sekä poikkileikkauksia virtausmallia varten. Mittaukset suoritettiin takymetriä ja GPS-RTK-menetelmää käyttäen, joiden avulla mitattiin havaintopisteiden paikkaa ja korkeusasemaa. Mittaukset tehtiin koordinaatistossa KKK2 ja korkeusjärjestelmässä N60. Maastokartoitusmenetelmänä käytettiin vapaan asemapisteen menetelmää, jossa takymetri pystytetään mielivaltaiseen paikkaan maastossa, josta on hyvä näkyvyys mitattiin pisteisiin sekä vähintään kahteen (miehellään kolmeen) koordinaateiltaan tunnettuun pisteeseen. Tunnettujen pisteiden merkitsemiseen käytettiin GPS-RTK-menetelmää, eli reaaliaikaista kinemaattista satelliittipaikannusmenetelmää (en. real-time kinematic).

Uoman pituusprofiili mitattiin koko matkalta nykyisen padon alapuoliselta sillalta järven luusuaan asti. Pituusprofiilin mittauksessa mittauslinjalta mitattiin uoman pohja, vesipinta sekä alajuoksulta ylävirtaan katsottuna uoman oikea penkka. Uoman poikkileikkaukset pyrittiin määrittämään n. 15m välein, tai jos uoman muodossa oli selkeitä muutoksia, kuten supistumisia tai mutkia. Mittaussuunnitelman mukaiset poikkileikkaukset on esitetty kuvassa 4.14.



Kuva 4.14. Lasku-uoman poikkileikkausten mittauspaikat. Luvat: Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/11, Affecto Finland Oy, Kartta-keskus, Lupa L4659.

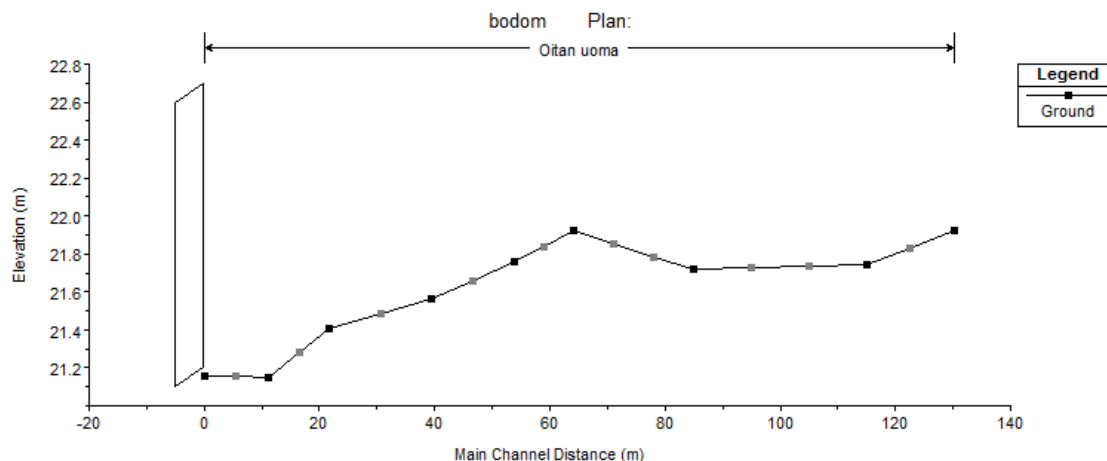
Aineiston editointiin käytettiin 3D-Win-ohjelmistoa (3D System Oy 2011). Valmis data siirrettiin HEC-RAS-ohjelmaan, jonka avulla uoman virtausmalli tehtiin.

4.5.2 Lasku-uoman vedenjohtokyvyn arviointi virtausmallilla

Bodominjärven lasku-uoman vedenjohtokykyä suunnitelluissa tilanteissa on arvioitu 1-dimensionaalisella tasaisen virtauksen avouomavirtausmallinnuksella (Chow 1973). Mallinnus tehdään HEC-RAS-ohjelmalla, joka on U.S. Army Corps of Engineersin kehittämä tietokoneohjelma (Brunner 2010). Mallinnuksen tarkoituksena on selvittää toimiiko pato eri virtaustilanteissa purkautumiskäyrän mukaisesti vai syntyykö uomassa muun muassa häviöitä tai padotusta, jolloin alavesi vaikuttaa padon purkautumiseen.

Mallin rakenne

HEC-RAS-ohjelmaan siirrettyjen poikkileikkaustietojen avulla muodostettu uoman pituusprofiili on esitetty kuvassa 4.15.



Kuva 4.15. Bodominjärven lasku-uoman pohjan pituusprofiili (N60).

Virtausmallista tehtiin kaksi eri mallinnusta molemmilla potentiaalisilla sijoituspaikoilla (kuva 4.13). Luusuan patopaikan (sijoituspaikka 1) mallille pato sijoitettiin paalulle 1+20m ja nykyisen padon alapuolinen patopaikan (sijoituspaikka 2) mallille suunnitteen paalulle 0+40m. Nykyinen pato sijaitsee noin paalulla 0+65m. Malliin muodostettiin suunnitellun mitoituksen mukainen kiinteä pohjapato sekä erillinen ylisyyksypato, jonka harjan korkoa on säädeltävissä viidellä settipalkilla.

Korkeusero koko mittausmatkalla sijoituspaikalta yksi Kunnarlantien alittavalle rummulle on kuvan 4.15 mukaisesti noin 1,8 m. Uoman alkuosa luusuasta nykyiselle padolle asti on hyvin tasaista ja uoman pohja hieman nousee nykyisen padon kohdalle. Uoman yläosan loivuuden vuoksi on kynnystystä tehtävä koko uoman matkalle, jotteivät vedenkorkeuserot kasva eliöstölle liian suureksi padolla. Mallin yksinkertaistamiseksi nykyisen padon kohdalle tehtiin apukynnys riittävän vesisyvyyden määrittämiseksi.

Sijoitusvaihtoehdon kaksi pohjan korkeusero padon ja mittauslinjan lähtökohdan välillä on alle metrin. Suunnitellun padon harjakorkeus on noin N43 +22,7m, jolloin kaltevuutta padon alapuoliselle luiskalle tulisi noin 1:25, mikä on kalataloudellisesti riittävän loiva (DVWK). Tarkastelumallissa lasku-uoma jaetaan pohjapadon sijoituspaikan yläpuolella kahdeksi kanavaksi, jossa toista uomaa kulkevat vedet pohjakynnyksen kautta ja toisesta settipadon kautta lisäjuoksutettava virtaama. Näin ollen kalanousun turvaamiseksi tehty kynnysrakente ei vaikuta settipadon toimintaan. Uomat yhtyvät padon kynnystetyn luiskan keskiosalla.

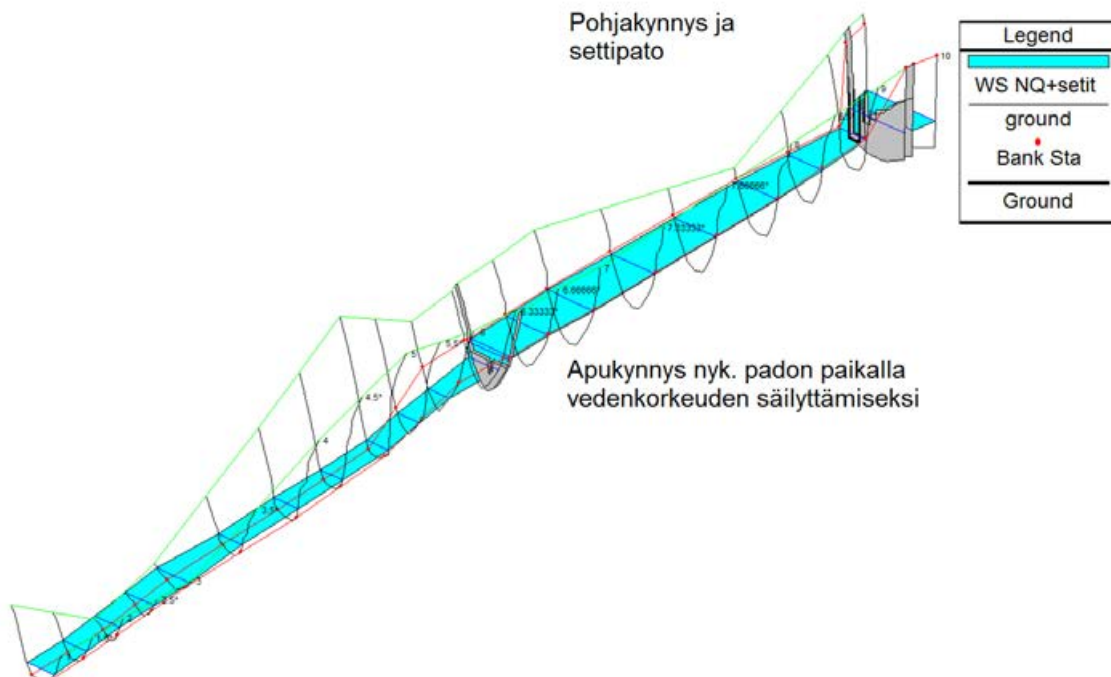
Virtausmallilla tarkastellaan, syntyykö kynnuksesta padotusta mallinnettavissa virtaustilanteissa. Mitoitettavat virtaamat ovat alivirtaama, keskivirtaama ja ylivirtaama. Lisäksi mallinnetaan tilannetta, jossa tulvatilanteita ennakoidaan lisäjuoksutuksella. Mallinnettava virtauksen oletetaan olevan verkasvirtausta. Yläpuolisena reunaehtona on padon suunniteltu purkautumiskäyrä ja alapuolinen reunaehto määritetään uoman kaltevuuden avulla. Manningin kertoimeksi n valittiin koko uoman matkalle 0.040, mikä vastaa puhdasta uomaa, jossa on muutamia syvänteitä ja matalia alueita (Brunner 2010). Tässä työssä mallinnettavalle osuudelle tulva-alueiden Manningin kerrointen määrittämisellä ei ole varsinaisesti merkitystä, sillä uoman penkat ovat niin korkeat, ettei vesi nouse uomasta korkeillakaan vedenkorkeuksilla, jolloin pääuoman vedenjohtokyky vallitsee käytännössä kaikissa virtaustilanteissa. Supistumiskertoimenä käytettiin 0.1 ja laajentumiskertoimenä 0.3, jotka vastaavat uomaa, jossa vaihtelu poikkileikkausten välillä on pientä ja virtaama on verkasvirtausta (Brunner 2010).

Uomasta ei ole mitattuja virtaamia ja vedenkorkeuksia, joten mallin kalibrointia ja validointia ei voida suorittaa. Mallin kalibrointi edellyttäisi padolta useampia virtaamatilanteita ja vedenkorkeustietoja. Mallin tulokset ovat täten vain suuntaa antavia ja tukevat suunnittelua.

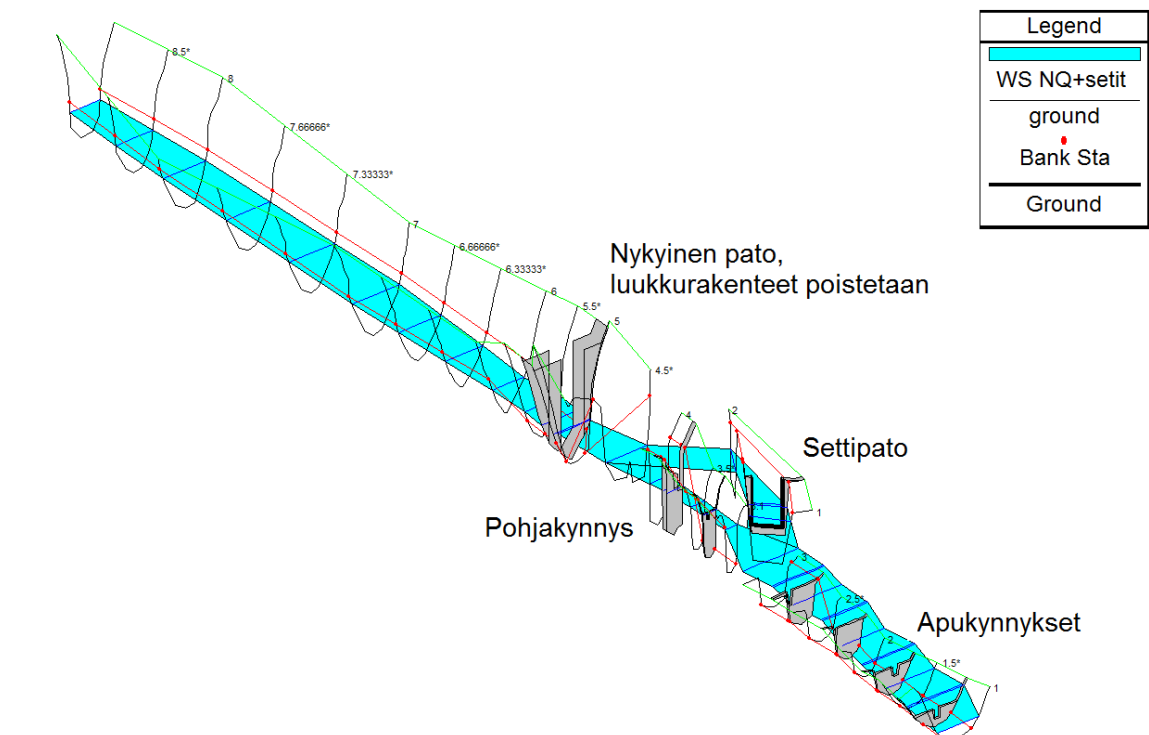
4.5.3 Virtausmallin tulokset ja padon sijoitus

Molempiin vertailtaviin sijoituspaikkoihin on rakennettavissa riittävän loiva pato kalannousun mahdollistamiseksi. Näin ollen sijoituksen kannalta ratkaisevaksi tekijäksi muodostuu padon toiminta kaikissa virtaamatilanteissa suunnitellun mukaisesti.

Virtausmallilla vertailtiin padon toimintaa kaikissa virtaamatilanteissa molemmissa potentiaalisissa sijoituspäikoissa. Kuvassa 4.16 ja 4.17 on kuvat virtausmallista sekä mallin profiilikuva tilanteessa, jossa järven vedenpintaa pyritään laskemaan tulvaveden ennakoimiseksi tulvaluukun kautta.



Kuva 4.16. Mallin rakenne, pato luusuassa (sijoituspäikka 1).



Kuva 4.17. Mallin rakenne, pato nykyisen padon alapuolella (sijoituspäikka 2).

Kuvissa 4.16-4.17 esitetyssä tilanteessa padon yläpuolisen vedenkorkeuden tulisi padon lasketun purkautumiskäyrän mukaisesti olla N43 +22,63m. Sijoituspaikalta 2 (kuva 4.17) lasketulla mallilla tilanne lähes toteutuu ja eroa purkautumiskäyrältä ja mallista laskettuun vedenkorkeuteen on 1 cm. Luusuassa sijaitsevassa padossa sen sijaan vedenkorkeus on 12 cm korkeampi kuin purkautumiskäyrältä määritetty, eli uomassa syntyy kynnyksistä johtuen padotusta. Taulukossa 4.3 on padon purkautumiskäyrältä mitoitustilanteesta vastaava laskettu vedenkorkeus sekä mallinnettu vedenkorkeus eri patopaikoilla kaikissa lasketuissa virtaamatilanteissa. Settien lukumäärä virtaamasarakkeessa tarkoittaa avoinna olevien settipalkkien lukumäärää. Esim. MQ (+ 5 settiä) tarkoittaa tilannetta, jossa pohjapadon yli virtaa keskivirtaamaa vastaava virtaama 0,39 m³/s vedenkorkeuden ollessa N43 +22,80m ja settipadon kautta on lisäjuoksuutettavissa 1,28 m³/s kaikkien settipalkkien ollessa pois.

Taulukko 4.3. Virtausmallin tulokset eri patopaikoilta.

Virtaama [m³/s]	W [N43 +m] pur- kautumis-käyrältä	ero mallissa [cm], sijoituspaikka 1	ero mallissa [cm], sijoituspaikka 2
NQ 0,03	22.44	+4 cm	+4 cm
MQ 0,39	22.80	0	0
HQ 2,1	23.08	0	-2 cm
NQ (+ 5 settiä) 0,95	22.57	+12 cm	+1 cm
MQ (+ 5 settiä) 1,67	22.80	+7 cm	-3 cm
HQ (+ 3 settiä) 2,1	22.98	0	-1 cm

Molemmissa patopaikoissa pato toimii normaalitilanteissa, jolloin settipato on kiinni. Luusuassa sijaitsevan padon (patopaikka 1) avulla ongelmia syntyy tilanteessa, jossa kevättulvaa pitäisi ennakoida laskemalla vedenkorkeutta settipadon avulla. Uoman loivan alkuosan vuoksi lisäjuoksuutuksen tekeminen alhaisilla vedenkorkeuksilla ei onnistu, vaan alavesi vaikuttaa padon purkautumiseen. Rakenteen toteuttaminen edellyttäisi settipadosta purettaville vesille oman kanavaosan rakentamista, jotta kalannousun mahdollistavat kivi- ja kynnysrakenteet eivät aiheuttaisi padotusta. Suhteellisen pitkälle uomaosuudelle erillisen kanavan rakentaminen olisi kuitenkin hyvin työlästä. Alajuoksulla (patopaikka 2), nykyisen padon alapuolella, pato toimii kaikissa tilanteissa. Lisäksi patopaikan 2 rakennettavuus on hyvä, rakennustyöt ja koejuoksuutukset onnistuvat hyvin nykyisen padon avulla, eikä huoltotoimenpiteidenkään tekeminen padolla koidu ongelmaksi jo olemassa olevan tien vuoksi.

4.6 Vaihtoehtoverailun tulosten yhteenveto

Bodominjärven suunnitteluvaihtoehtojen vertailussa ja valinnassa keskeisimpiä tarkasteltavia tekijöitä olivat Bodominjärven vedenkorkeuden ja menovirtaaman raja-arvojen määrittäminen, simulointimallin muodostaminen, tulovirtaaman laskenta, säännöstelyvaihtoehtojen muodostaminen ja niiden hydrologinen tarkastelu sekä padon sijoituspaikan määrittäminen.

Suunnitellulla padolla nykyiselle säännöstelylle määritettyjä ylimpiä ja alimpia vedenkorkeuden ja virtaaman raja-arvoja ei saa rikkoa. Lisäksi tavoitteena oli säilyttää merkittävimmän virkistyskäyttökauden vedenkorkeudet nykyisellä tasolla. Lisäksi tavoitteena on taimenien nousumahdollisuuksien parantaminen, mikä edellyttää riittävää virtaamaa erityisesti merkittävimpänä nousuaikana syys-marraskuussa.

Parhaiten asetetut raja-arvot täyttyvät patovaihtoehdolla, jossa kaikki ali- ja keskivirtaamat johdetaan luonnonmukaisen pohjakynnyksen kautta ja settipadolla on mahdollista ennakoida tulvatilanteita ja lisätä padon virtaamaa tarvittaessa. Lisäksi padon alivirtaama-aukko on pienennettävissä elementillä kesäkauden vedenkorkeuden ja virkistyskäyttömahdollisuuksien säilyttämiseksi. Vesitaseyhtälöön perustuvan simulointimallin avulla tehtyjen tarkastelujen mukaan järven säännöstely havaintovuosina 1973-2010 pystytään toteuttamaan parhaiten kyseisellä patovaihtoehdolla.

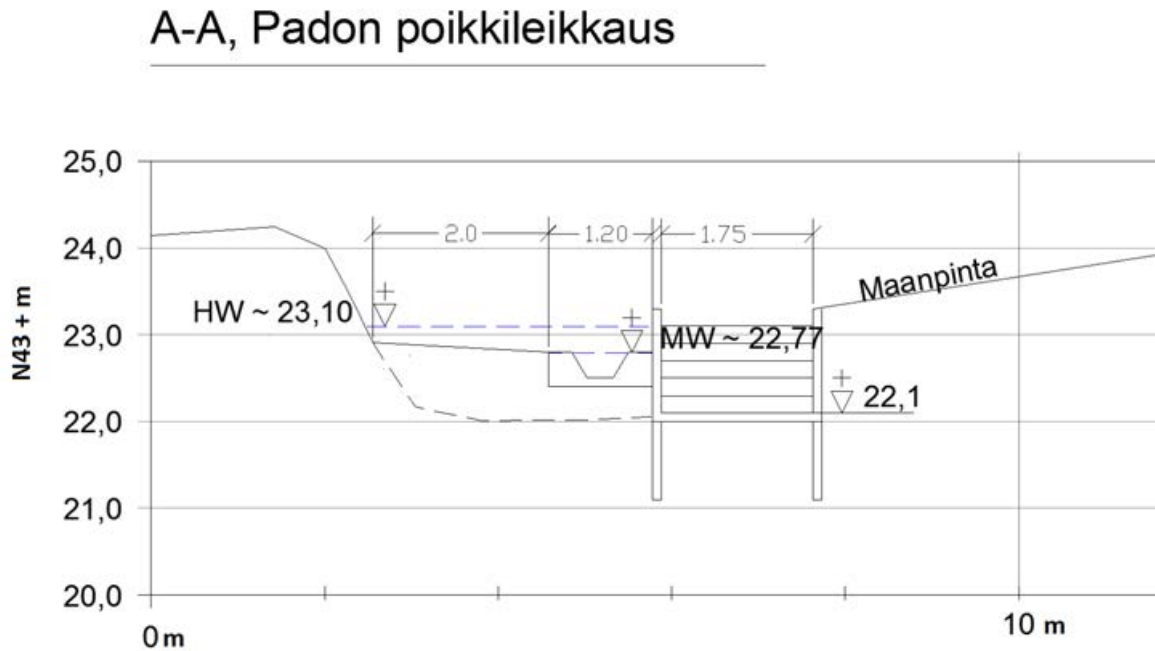
Padon sijoitusta arvioitiin virtausmallilla, jonka tulosten perusteella parhaaksi sijoituspaikaksi määrytyi nykyisen padon alapuolinen ja Kunnarlantien välinen alue. Kyseisellä paikalla pato toimii tulosten mukaan kaikissa tilanteissa suunnitellun mukaisesti ja paikalle on mahdollista rakentaa kalataloudellisesti

riittävän loiva pato. Vaihtoehdon yksityiskohtaisemmat suunnitelmat sekä suunnitelmien vaikutusten arviointi on esitetty seuraavissa luvuissa.

5 Bodominjärven suositusvaihtoehdon alustavat suunnitelmat

5.1 Patorakenteet

Bodominjärven säännöstelyn nykyisen padon luukkurakenteet puretaan ja korvataan 2-tasoisella kynnyksellä, jossa on mahdollisuus lisäveden juoksutukseen erillisen settipadon kautta (kuva 5.1).

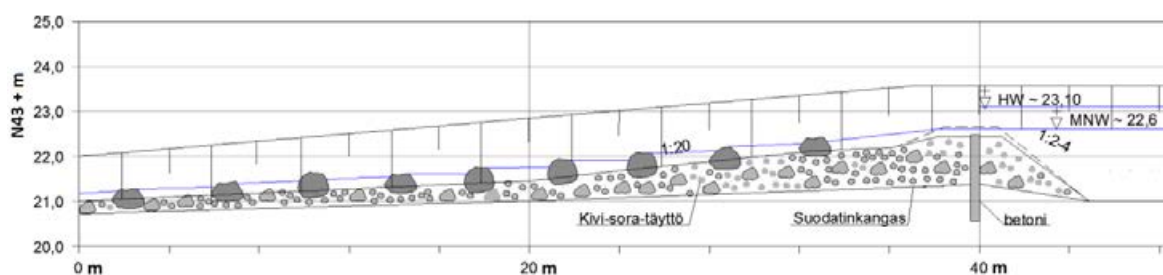


Kuva 5.1. Padon poikkileikkauspiirros (N43).

Padon kiinteän osan alivirtaama-aukko on 1,2 m leveä ja sen kynnyks on tasossa N43 +22,40m. Vedenkorkeuden noustessa yli järven keskiveden tason, pato purkaa vettä leveämmältä osalta, joka nousee loivasti noin 2 asteen kulmassa korosta N43 +22,76m tasoon N43 +22,90m. Kesän virkistyskäyttökauden vedenkorkeuden säilyttämiseksi nykyisellä tasolla kynnyksen alivirtaama-aukon kokoa voidaan pienentää patoon upotettavan elementin avulla. Tällöin alivirtaama-aukon pohjan leveys on 30 cm ja korossa N43 +22,50m, ja sen reunat nousevat 30 asteen kulmassa kynnyksen yläreunan tasoon N43 +22,76m. Lisäjuoksutukseen käytettävän settipadon korko on N43 +22,10m, kun kaikki viisi 20 cm korkeaa settipalkkia on pois padosta. Settipadon leveys on 1,75m.

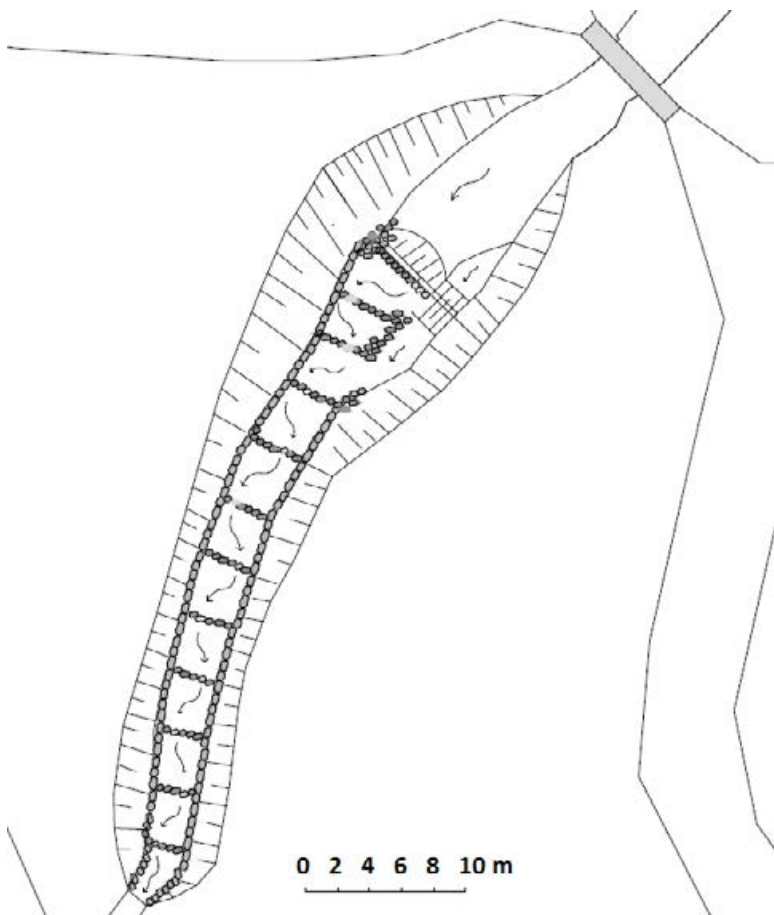
Eliöstön kulun turvaamiseksi padon alapuoleinen luiska tehdään kaltevuuteen 1:20 kynnyksrakenteena (kuva 5.2). Kivikynnykset tehdään halkaisijaltaan suurista kivistä, jotka muodostavat luiskaan perättäisiä altaita. Virtaama kasvaa kohdassa, jossa settipadosta tuleva vesi yhtyy kynnyksrakenteisiin, mikä on huomioitava kynnyksen sijoituksessa ja niiden välisten altainen mitoituksessa.

B-B, Padon pituusleikkaus



Kuva 5.2. Padon pituusleikkauspiirros (N43).

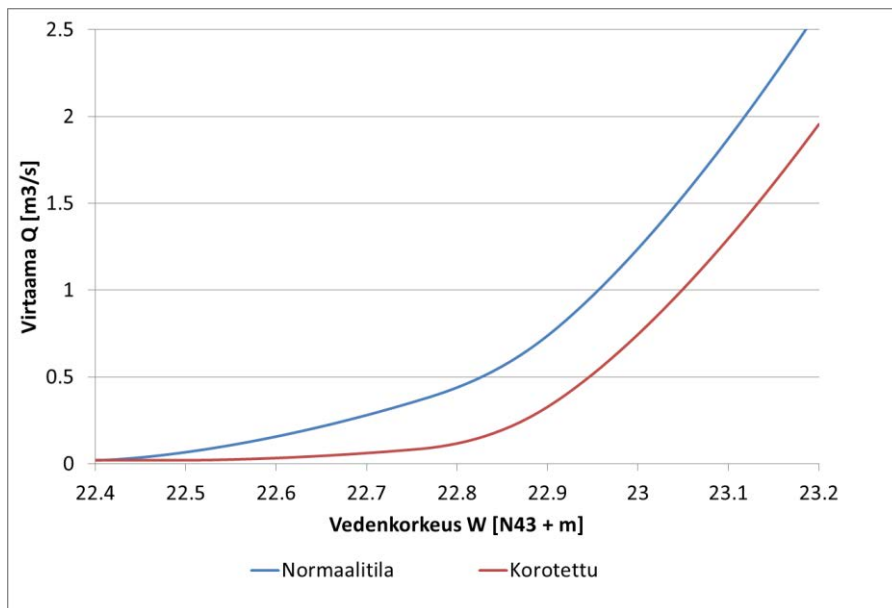
Kynnykset rakennetaan koko alapuolisen uoman levyisenä. Luiska jaetaan 9 kivikynnykseen, jolloin yhden kivikynnyksen vedenpinnan porrastukseksi tulee 0,17 m. Tällöin veden virtausnopeuden maksimiarvoksi tulee 1,80 m/s, joka on pienempi kuin suurin sallittu veden nopeus 2 m/s. Kivikynnykset sijaitsevat n. 3,8 m päässä toisistaan ja veden syvyys kivikynnysten välillä on vähintään 0,30 m. Alivirtaus-syvennys kivikynnysten kohdissa tehdään siten, että veden virtaus ei ole suoraviivaista. Kynnysten periaatteellinen rakenne on esitetty kuvassa 5.3.



Kuva 5.3. Periaatepiirros kynnysten sijoittelusta.

5.2 Purkautumiskäyrät

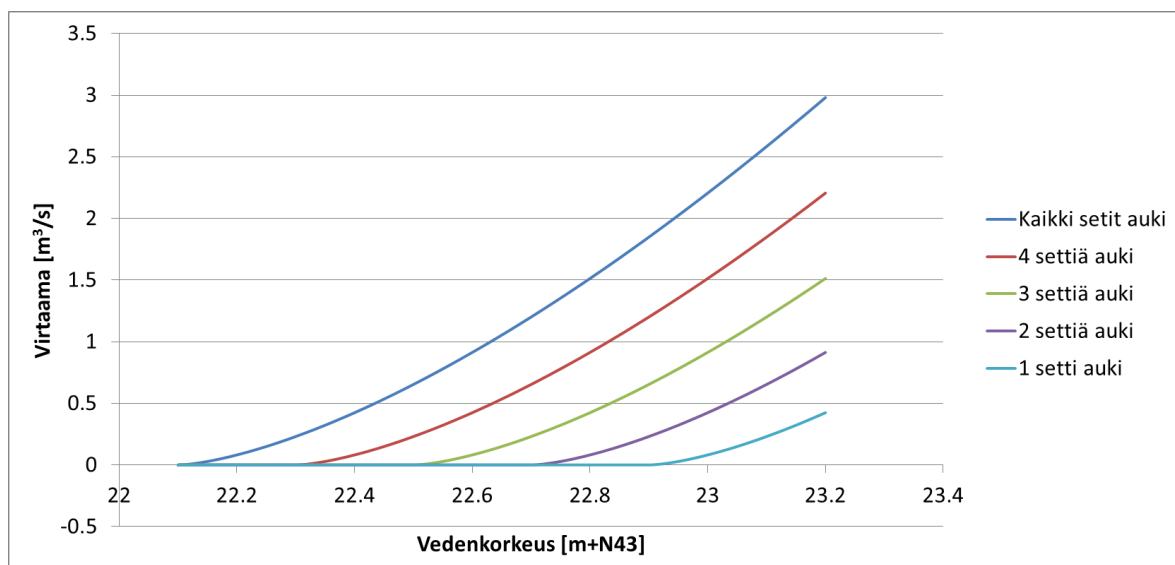
Padon poikkileikkauksen läpi purkautuvaa virtaamaa vedenkorkeuden funktiona kuvataan purkautumiskäyrillä (kuvat 5.4-5.5), jotka määritettiin ylisyoäksypadon purkautumiskaavojen avulla. Kuvassa 5.4 on padon kynnyksosan purkautumiskäyrä $Q(W)$ normaalitilassa sinisellä, jolloin elementti on padosta pois, sekä punaisella elementin ollessa paikallaan.



Kuva 5.4. Bodominjärven suunnitellun padon purkautumiskäyrät.

Normaalitilassa padon purkautumiskyky kasvaa aluksi loivasti veden virratessa vain alivirtaama-aukon kautta. Purkautumiskyky kasvaa vedenkorkeuden saavutettua padon leveämmän osan harjan. Järven vedenkorkeuden ollessa nykyisen säännöstelyn ylimmällä ylärajalla N43 +23,09m padosta purkautuu nykyisen säännöstelyluvan mukainen $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Padon alivirtaama-aukkoa pienentämällä menovirtaama voidaan rajoittaa. Ylimmillä vedenkorkeuksilla elementti pienentää menovirtaamia hieman yli $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Padosta on mahdollista lisäjuoksuttaa vettä 1,75m leveän settipadon kautta, jossa yläpuolinen vesi voidaan padottaa haluttuun korkeuteen viiden 20cm korkean settilankun avulla. Settipadosta purkautuvat virtaamat vedenkorkeuden funktiona eri settien aukiolotilanteissa on havainnollistettu purkautumiskäyrillä kuvassa 5.5.



Kuva 5.5. Settipadon purkautumiskäyrät eri padon aukinaisuustilanteissa.

Menovirtaamalle asetettu maksimijuoksutus asettaa rajoituksia settipadon käytölle, ja säännöstelijän tulee huolehtia, ettei korkeilla vedenkorkeuksilla liian monta settipalkkia ole pois. Padon kautta eri settien aukinaisuuksilla juoksutettavat virtaamat on esitetty taulukossa 5.1. Virtaamissa on huomioitu myös kalannousuväylän sekä alivirtaamaputken kautta purkautuva vesi.

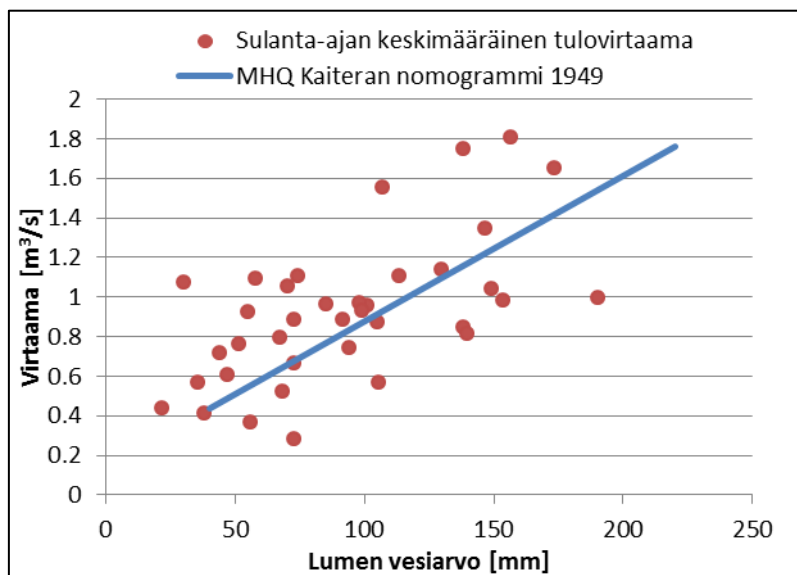
Taulukko 5.1. Padosta purkautuvat virtaamat eri settien aukiolotilanteissa.

Settien määrä/vedenkorkeus	22.70	22.75	22.80	22.82	22.84	22.88	22.90	22.92	22.94	22.96	22.98	23.00	23.02	23.04	23.06	23.08	23.10	23.12	23.14	23.16	23.18	23.20
5 settiä auki	1.48	1.71	1.95	2.06	2.18	2.44	2.59	2.74	2.91	3.08	3.26	3.44	3.64	3.83	4.04	4.24	4.46	4.68	4.90	5.13	5.36	5.59
4 settiä auki	0.93	1.13	1.35	1.45	1.56	1.8	1.94	2.09	2.24	2.40	2.58	2.75	2.93	3.12	3.32	3.52	3.72	3.93	4.15	4.37	4.59	4.82
3 settiä auki	0.51	0.68	0.86	0.95	1.05	1.27	1.39	1.53	1.67	1.83	1.99	2.15	2.33	2.50	2.69	2.88	3.07	3.27	3.48	3.69	3.91	4.13
2 settiä auki	0.28	0.38	0.52	0.59	0.67	0.86	0.97	1.09	1.22	1.36	1.51	1.66	1.82	1.99	2.16	2.34	2.53	2.72	2.91	3.11	3.32	3.53
1 settiä auki	0.28	0.35	0.44	0.48	0.53	0.66	0.74	0.83	0.94	1.06	1.18	1.32	1.46	1.61	1.77	1.93	2.10	2.28	2.46	2.65	2.84	3.04
setit kiinni, elementti auki	0.28	0.35	0.44	0.48	0.53	0.56	0.74	0.82	0.92	1.02	1.13	1.24	1.36	1.48	1.61	1.74	1.87	2.01	2.16	2.31	2.46	2.61
setit kiinni, elementti kiinni	0.06	0.08	0.12	0.14	0.17	0.19	0.33	0.40	0.47	0.56	0.65	0.75	0.85	0.95	1.06	1.18	1.30	1.42	1.55	1.68	1.82	1.95

5.3 Tulvan ennakointi ja settipadon toiminta

Kevättulvan ennakoimiseksi tarkasteltiin Bodominjärven sulanta-ajan tulovirtaamien kehitystä ja pyrittiin määrittämään lumen vesiarvoa vastaavat tavoitevedenkorkeudet, jotka tulisi lisäjuoksutuksella saavuttaa ennen lumen sulamista, jottei säännöstelyrajoja lumen sulannan lopulla rikota. Tavoitteena on kuitenkin nostaa vedenkorkeus kaikkina vuosina mahdollisimman lähelle säännöstelyn ylärajaa erityisesti virkistyskäyttökauden vedenkorkeuden turvaamiseksi.

Lumen sulannasta syntyvää keskiylivaluntaa voidaan arvioida muun muassa Kaiteran nomogrammin (1949) avulla, jonka mukaan keskiylivaluma riippuu valuma-alueen järvisyydestä, pinta-alasta ja keskimääräisestä lumen vesiarvon maksimiarvosta. Kuvaajassa 5.6 on esitetty lumen vesiarvon suhteen Kaiteran nomogrammilta määritetty keskiylivirtaama, kun järvisyys on 17 % ja valuma-alue 32 km². Punaisin havaintopistein on kuvattu Bodominjärveltä laskettu havaintovuosien lumen sulamisajan keskimääräinen nettotulovirtaama suhteessa kyseisen ajankohdan lumen vesiarvon maksimiin.



Kuva 5.6. Virtaama suhteessa lumen vesiarvoon.

Erityisesti suurilla lumen vesiarvoilla hajonta syntyneestä valunnasta on suurta, eikä pelkästään nomogrammiin perustuva ennakointi olisi kovin luotettavaa. Bodominjärven tavoitevedenkorkeudet lumitilanteesta riippuen määritellään tarkastelemalla erilaisten lumivuosien sulannan aikaisen tulovirtaaman kehitystä. Juoksutettavissa olevan virtaaman laskemiseksi on eri vesivuosien sulanta-ajalle tehty käänteinen vesitaseen laskenta aloittamalla sulantajakson lopusta tavoiteltavasta ylimmästä vedenkorkeudesta. Padon purkukyky ja rajoitukset tiedostaen pyrittiin simulointimallilla löytämään tavoitevedenkorkeudet, joihin järven vedenkorkeus on ennen lumen sulamista laskettava tulvavahinkojen välttämiseksi.

Simuloinneissa lumen vesiarvoa vastaavat tavoitevedenkorkeudet, joilla säännöstelyrajat eivät vielä rikkoudu, mutta kevättulva saadaan nostetuksi keskimäärin korkeuteen 23m (+N43) on esitetty taulukossa 5.2.

Taulukko 5.2. Lumen vesiarvoa (mm) vastaavat tavoitevedenkorkeudet (N43 +m).

Lumen vesiarvo	Tavoitevedenkorkeus
100	22.80
120	22.70
140	22.60
160	22.50
180	22.40

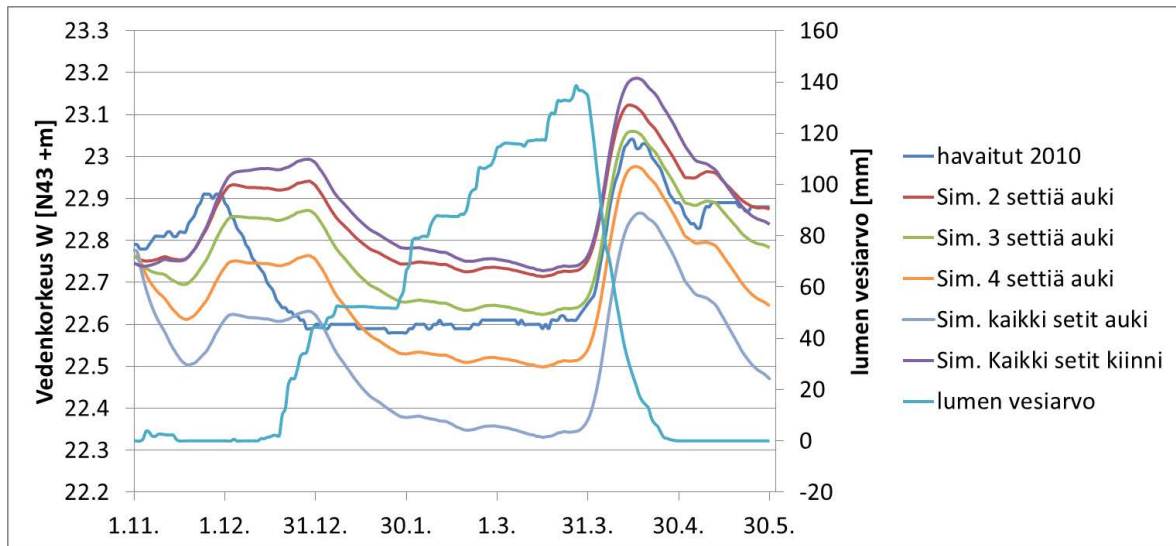
Tavoitteena on, että säännöstelijä onnistuisi tulvien hallinnassa mahdollisimman vähällä vaivalla, eikä säännöstely edellyttäisi jatkuvaa valvontaa. Tavanomaisten vuosien syyssateet ja vähälumiset talvet pystytään hallitsemaan suurentamalla alivirtaama-aukkoa poistamalla elementti kiinteästä kynnyksestä sekä settipadosta kaksi palkkia. Tällöin vedenpinnan noustessa yli tason N43 +22,70m osa virtaamasta poistuu settipadon kautta. Elementti poistetaan syksyllä taimenen kutunousun aikaan, jotta kynnyksen virtaama kasvaa ja laitetaan takaisin mahdollisimman pian kevättulvan huipun jälkeen, jolloin myös settipalkit suljetaan.

Ilman settipatojen käyttöä 38 havaintovuodesta 13 vuotena vedenkorkeus ylittäisi N43 +23,10m ja yhdeksänä vuotena vedenkorkeus kävisi hyvin lähellä säännöstelyn nykyistä ylärajaa havaintojakson keskimääräisen yliveden ollessa N43 +23,07m. Lisäksi kolmena vuotena kyseisistä säännöstelyrajan ylityksistä vedenkorkeus kävisi niin ylhäällä, että järven rantojen rakennukset olisivat vettymisvaarassa. Pelkästään kahden settiluukun avauksella vuodet, jolloin vedenkorkeus ylittäisi N43 +23,10m vähenisivät kolmeen vedenkorkeuden käydessä lähellä säännöstelyn nykyistä ylärajaa kuutena havaintovuotena. Keskiylivesi laskisi tällöin korkeuteen N43 +23,03m. Rakennusten vettymisvahingot voitaisiin menettelyllä välttää kokonaan. Mikäli syksyllä avattaisiin 3 settipalkkia, jotka suljettaisiin keväällä tulvan ohituttua, ylittyisi nykyinen säännöstelyraja vain keväällä 1999. Silloinkin vedenkorkeus jäisi lukemaan N43 +23,12m, eikä vettymisvahinkoja syntyisi. Lisäksi vain keväänä 1984 vedenkorkeus kävisi edes lähellä säännöstelyn nykyistä ylärajaa lukemassa N43 +23,07m. Menettelyllä havaintojakson keskiylivesi laskisi lukemaan N43 +22,99m. Keskiylivesiin menettelyllä ei olisi juurikaan merkitystä. Keskivedet olisivat kaikkien palkkien ollessa kiinni N43 +22,79 m, avattaessa talveksi kaksi palkkia N43 +22,77 m ja kolme palkkia N43 +22,74 m.

Osa säännöstelyn ylärajan ylityksistä tapahtuu runsaiden sateiden seurauksena. Haasteellisia ovat erityisesti kesänaikaiset rankkasateet, kuten kesällä 2004, jolloin virkistyskäytön kannalta vedenpintoja pyritään pitämään korkealla, eikä näin ollen äkillisille rankkasateille ole varastotilaa. Kesällä 2004 vedenkorkeudet olisivat nousseet lukemaan N43 +23,18m. Kuitenkin mikäli vedenkorkeuden nousuun olisi pystytty reagoimaan muutaman päivän jälkeen ja 2-3 settilankkia avattu, olisi voimakas veden nousu pystytty estämään.

5.3.1 Settipadon käyttö esimerkikeväänä 2010

Kuvassa 5.7 on määritelty auki olevien settien vaikutus Bodominjärven vedenkorkeuteen esimerkikeväänä 2010. Kyseisenä keväänä vedenkorkeus oli maksimissaan 27.3. 139mm. Lumen sulantajakso kesti yhteensä 35 vuorokautta ja sulantajaksolla syntynyt keskimääräinen nettotulovirtaama oli 1.98 m³/s huipun ollessa 8.4. 3.26 m³/s (5vrk:n tasoitettu keskiarvo).



Kuva 5.7. Settien käytön vaikutus Bodominjärven vedenkorkeuteen keväällä 2010.

Ilman säännöstelypalkkien käyttöä vedenkorkeus olisi noussut lähes vettymisvahinkoja aiheuttavaan korkeuteen N43 +23,20m. Kahdella setillä nykyisen säännöstelyn yläraja olisi ylittynyt 3 cm. Kolmen settilankun käytöllä tulva olisi jäänyt samoihin lukemiin kuin nykyisäännöstelyssä. Settipatojen avulla olisi pystytty pudottamaan vedenpinta tarvittaessa korkeuteen N43 +22,35m, mikäli kaikki setit olisivat olleet käytössä. Huomioitavaa kuitenkin on, että sekä setit että padon elementti tulee sulkea heti tulvan jälkeen, jottei liiallisella juoksutuksella ole vaikutuksia kesän vedenkorkeuksiin.

6 Suositusvaihtoehdon vaikutusten arviointi

6.1 Arviointimenetelmät

Patorakenteiden ja säännöstelyn muuttamisen aiheuttamia vaikutuksia arvioidaan vertaamalla suunnitellun tilanteen laskentamallilla simuloituja vedenkorkeuksia ja virtaamia nykysäännöstelyn mukaiseen tilanteeseen. Hankkeen aiheuttamia muutoksia ja suunnitelmien toimintaa arvioidaan erityisesti märkinä ja kuivina jaksoina.

6.1.1 Vesistön ja rantojen käyttö

Säännöstelyn muuttamisen vaikutuksia virkistyskäyttöön arvioidaan merkittävimmän virkistyskäyttökauden (21.6.-15.8.) vedenkorkeuden pysyvyyden avulla. Nykysäännöstelyn ja simuloitujen arvojen avulla määritetään prosentuaalinen osuus, jolloin vedenkorkeus on luvussa 5.1 määritetyllä virkistyskäytön optimivöhykkeellä merkittävimmän virkistyskäyttökauden aikana.

Virkistyskäyttäjät arvostavat mahdollisimman vähän vaihtelevaa vedenkorkeutta (Saari ja Marttunen 2003). Vedenkorkeuden vaihtelu suosituimmalla virkistyskäyttökaudella arvioidaan yksinkertaisesti yhtälöllä

$$\text{MHW}(21.6.-15.8.)-\text{MNW}(21.6.-15.8.), \quad (6.1)$$

missä MHW(21.6.-15.8.) on merkittävimmän virkistyskäyttökauden keskiylivesi ja MNW(21.6.-15.8.) saman ajanjakson keskialivesi. Menetelmää on käytetty mm. REGCEL-mallissa (Marttunen ym. 2004) eräänä virkistyskäytön arviointimittarina. Muita mittareita ovat mm. virkistyskäytön kannalta optimaalisen vedenkorkeuden saavuttaminen jäiden lähdön jälkeen, jota ei kuitenkaan ole tässä työssä käytetty jään sulamistietojen puuttuessa.

Tulvavedenkorkeudet voivat aiheuttaa haittaa mm. rantojen rakenteille sekä maanviljelylle. Maastokatselumuksella määritettiin vedenkorkeuden raja-arvo, jonka ylittäessä alueen rakennuksille voi syntyä vahinkoja. Muutosta nykyisen ja suunnitellun tilan välillä arvioidaan päivien prosentuaalisella osuudella havaintojaksosta, jolloin vedenkorkeus ylittää kyseisen rajan. Tulvien vaikutus maatalouteen riippuu mm. kasvukauden aikaisesta kuivatussyvyydestä, sekä tulvan korkeudesta, kestoajasta, sattumisajankohdasta ja esiintymistiheydestä (Kirkkomäki ym. 1982). Peltoalueiden kuivavaravaatimukseksi on tässä työssä määritetty Kirkkomäen ym. (1982) mukaisesti koko kasvukaudelle MWweg+0,80m. Lisäksi keväällä ja syksyllä on huomioitu konetyöskentelyn kuivavara 1,2 m (Tuononen ym. 1981). Vettymisvahinkoja arvioidaan korkeusmallin avulla, jolloin maatalousvahinkoja arvioidaan syntyväksi alueilla, joilla pellot sijaitsevat määritetyn kuivarajan alapuolella. Lisäksi määritetään alueet, joissa konetyöskentely voi olla keväällä ja syksyllä estynyt. Muutosta nyky- ja suunnitellun tilan välillä arvioidaan vedenkorkeuden pysyvyykäyrien perusteella.

6.1.2 Luonto ja eliöstö

Luonnon ja eliöstön kannalta merkityksellisiä vedenkorkeuksia ovat talven vedenkorkeus, kevään ylin vedenkorkeus, kesäajan vedenkorkeus ja muutos sekä syksyn vedenkorkeuden taso (Alasaarela ym. 1989). Työssä käytetään sovelletusti REGCEL-vedenkorkeusanalyysiin perustuvaa menetelmää (Keto ym. 2008a), jota on käytetty yleisesti suomalaisissa säännösteltyjen järvien vaikutustenarvioinneissa. Menetelmä koostuu 5 muuttujasta ja 16 indikaattorista, jotka kuvaavat säännöstelyn vaikutuksia vesikasveihin, pohjaeläimiin, kaloihin, lintujen pesintään sekä vesistön käyttöön. Malli tarvitsee lähtötiedoksi päivittäisen vedenkorkeuden, veden värin, jään paksuuden sekä jäätymis- ja jäänlähtöpäivän. Tässä työssä arvioidaan vedenkorkeuden muutoksen vaikutusta luontoon ja eliöstöön seuraavan taulukon 6.1 mukaisesti.

Taulukko 6.1. Bodominjärven vedenkorkeusanalyysissä tarkasteltavat muuttujat.

TARKASTELTAVA MUUTTUJA	VAIKUTUKSEN KOHDE	MUUTOKSEN SUUNTA	VAIKUTTAVA TEKIJÄ
Talven alivedenkorkeuden nousu	syyskutuiset kalalajit pohjaeläimet pohjalehtiset	+	pohjan jäätyminen (Hellsten 1997 ja 2001)
Kevättulvan korkeuden nousu	kevätkutuiset lajit	+	vedenkorkeus kutupaikoilla (Sutela ja Vehanen 2008)
	nuoret kalanpoikaset	+	suojaapaikat (Selin ja Hakkari 1982)
	rantakasvillisuuden vyöhykkeisyys	+	rantavyöhykkeen monimuotoisuus (Hellsten 2000)
	umpeenkasvu	+	ravinteiden poistuminen (Hellsten 2000)
Loppukesän vedenkorkeuden lasku	rantavyöhykkeen eroosio	+	korkea vedenpinta voimistaa eroosiota (Alasaarela ym. 1989)
	saraikon laajuus	+	laskeva vedenpinta (Hellsten 2000)

Taulukon 6.1 mukaan tarkasteltavat muuttujat ovat talven alivedenkorkeuden kasvu, kevättulvan korkeuden kasvu sekä loppukesän vedenkorkeuden lasku. Sarakkeesta "vaikutuksen kohde" nähdään, mihin kyseinen muuttuja vaikuttaa ja sarakkeessa "vaikuttava tekijä" on määritelty, mikä kyseisen vaikutuksen aiheuttaa. Muutoksen suunta on kaikilla positiivinen, eli talven alivedenkorkeuden sekä kevättulvan kasvun ja loppukesän vedenkorkeuden laskun vaikutukset ovat kaikkiin tarkasteltaviin kohteisiin positiivisia.

6.1.3 Järven alapuolinen vesistö

Säännöstelyn muuttamisen vaikutuksia alapuoliseen vesistöön arvioidaan soveltaen IHA-menetelmää (Indicators of Hydrologic Alteration), jonka ovat kehittäneet Richter ym. (1996). Suomessa on käytetty säännöstelyn kehittämishankkeissa DHRAM-menetelmää (Black ym. 2005), jossa IHA-menetelmän tulosten arviointiin on tehty luokittelu, jonka avulla pystytään kuvaamaan vesistön hydrologiassa tapahtuneen muutoksen suuruutta. DHRAM-menetelmän mukaista luokitusta ei kuitenkaan tässä työssä tehdä, sillä tulosten kannalta mielenkiintoisempaa on selvittää virtaamassa tapahtuneita muutoksia eri ajanjaksoina ja niiden vaikutuksia eliöstöön. Menetelmällä pyritään arvioimaan veden riittävyttä uomassa alivirtaamakausina sekä ylivirtaaman vaikutusta Espoonjoen virtaamiin. IHA-menetelmässä analysoidaan yhteensä 32 muuttujaa, jotka on esitetty taulukossa 6.2.

Taulukko 6.2. IHA-menetelmässä (Indicators of Hydrologic Alteration) käytetyt muuttujat. (Richter ym. 1996, muokattu)

IHA ryhmittely	Kuvattavat ominaisuudet	Hydrologiset parametrit
Ryhmä 1: Kuukausittaisten vesitilanteiden vaihtelu	voimakkuus, ajoitus	Kuukausittainen keskivirtaama
Ryhmä 2: Vuosittaisten ääriolosuhteiden voimakkuus ja kesto	voimakkuus, kesto	1 vrk:n minimi- ja maksimivirtaamat 3 vrk:n minimi- ja maksimivirtaamat 7 vrk:n minimi- ja maksimivirtaamat 30 vrk:n minimi- ja maksimivirtaamat 90 vrk:n minimi- ja maksimivirtaamat
Ryhmä 3: Vuosittaisten ääriolosuhteiden ajoitus	Ajoitus	ensimmäisen minimivirtaamapäivän järjestysnro ensimmäisen maksimivirtaamapäivän järjestysnro
Ryhmä 4: Suurten ja pienten virtaamapulssien toistuvuus ja kesto	Virtaamapulssien toistumistiheys, kesto	Vuosittaisten suurten pulssien lukumäärä ($Q > 25\%$) Vuosittaisten pienten pulssien lukumäärä ($Q < 75\%$) Suurten / pienten pulssien kesto (vrk)
Ryhmä 5: Virtaaman muutosten suuruus ja toistuvuus	Virtaaman muutosten määrä	Peräkkäisten päivien positiivisen / negatiivisen virtaamamuutosten vuosittainen keskiarvo Lukumäärä päivistä, jolloin virtaama nousussa/laskussa

Tässä työssä on otettu käsiteltäväksi IHA-menetelmän analysoitavista muuttujista virtaaman voimakkuutta, ajoitusta sekä kestoja kuvaavat tekijät. Virtaaman voimakkuus määritetään kuukausittaisten keskivirtaamien ja variaatiokerrointen avulla (Richter ym. 1996). Menetelmä antaa yleisesti tietoa habitatien saavutettavuudesta ja käytettävyydestä eri vuodenaikoina. Kuukausittainen virtaaman keskiarvo kuvaa hydrologista jatkuvuutta ja variaatiokerroin vuosien välistä vaihtelua ja ilmaisee jatkuvuutta ympäristötekijöiden kannalta. Vuosittaisten ääriolosuhteiden voimakkuus ja kesto määrittävät tarkemmin veden vuosittaista rytmiä päiväkohtaisesta vuodenaikaiseen vaihteluun. Vaihtelu kuvaa mm. virtaamavaihteluiden aiheuttamaa stressiä sekä häiriöitä uoman eliöstölle. Vuosittaisten ääriolosuhteiden ajoittuminen kuvaa erityisesti muutoksia, joita virtaamanmuutokset ovat aiheuttaneet virtaaman luonnolliselle kierrolle. Tuloksien avulla verrataan tulvahuipun ajoittumista, kestoja ja suuruutta Espoonjoella havaittuihin virtaamiin. Lisäksi virtaamia arvioidaan taimenen kannalta merkityksellisinä aikoina.

6.2 Vaikutusten arvioinnin tulokset

Suunnitelmien mukaisen padon vaikutuksia Bodominjärven vedenkorkeuteen ja virtaamiin selvitettiin Bodominjärven vesitaseeseen perustuvalla laskentamallilla. Laskennan perustana olivat järven havaittujen vedenkorkeuksien ja virtaamien avulla määritetty nettotulovirtaama vuosilta 1973-2010. Simulointitulokset osoittavat, minkälainen vesitilanne järvessä olisi vallinnut, mikäli säännöstelyä olisi hoidettu suunnitelman mukaisella padolla havaintojakson aikana.

6.2.1 Vedenkorkeuden ja virtaaman tunnusluvut

Havaitun ja suunnitellun tilanteen vedenkorkeuden ja virtaaman tunnusluvut koko laskentajaksolle on esitetty taulukossa 6.3.

Taulukko 6.3. Vedenkorkeuden ja virtaaman tunnusluvut havaintojaksolle 1973-2010.

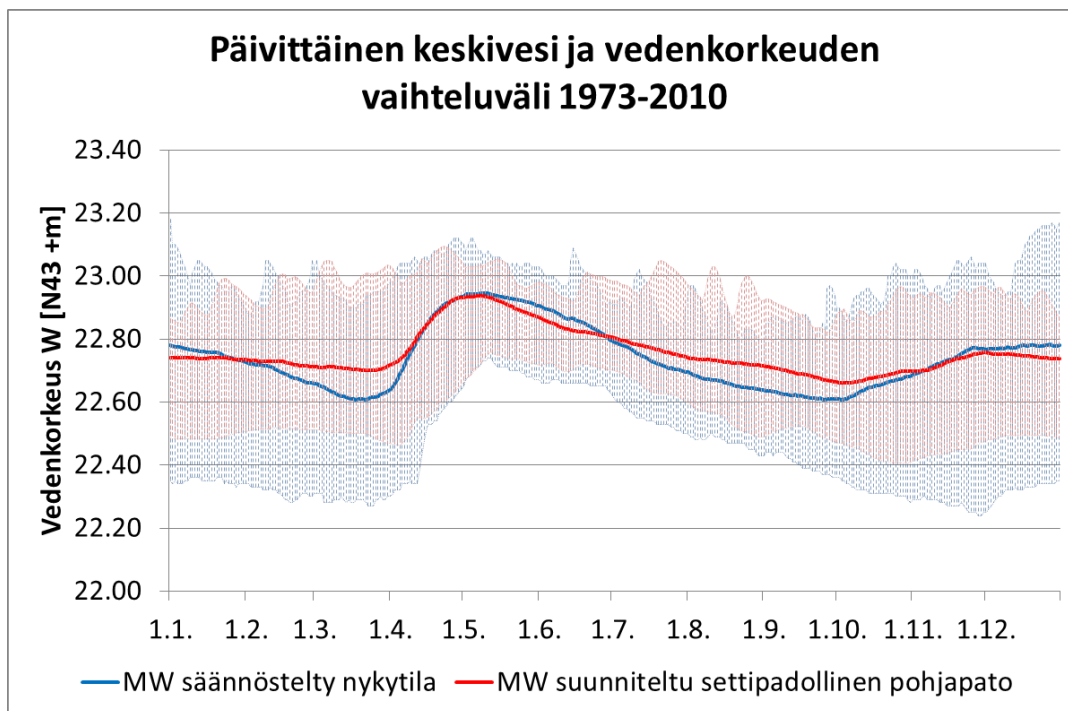
	Vedenkorkeus W [N43+m]		muutos (m)
	nykytila	suunniteltu	
NW	22.24	22.41	+0.17
MNW	22.47	22.57	+0.10
MW	22.74	22.76	+0.02
MHW	23.02	23.00	-0.02
HW	23.18	23.10	-0.08

	Virtaama Q [m ³ /s]		muutos [m ³ /s]
	nykytila	havaitut	
NQ	0.02	0.02	-
MNQ	0.02	0.05	+0.03
MQ	0.31	0.40	+0.09
MHQ	1.58	1.62	+0.05
HQ	2.34	2.42	+0.08

Suunnitellussa tilanteessa järven keskivesi nousee noin 2 cm. Keskialivesi nousee nykyisestä 10cm ja keskiylivesi laskee 2 cm. Havaintojakson ääriarvot vedenkorkeuden osalta pienenevät hieman. Nykyisen ja suunnitellun uomaan juoksutettu keskimenvirtaama kasvaa, mikä selittyy sillä, että vuosina 1973-1998 on vedenottamolle toimitettu vettä keskimäärin 0,13 m³/s ympäri vuoden, jolloin padosta juoksutettu virtaama on ollut pienempi. Molemmissa tilanteissa käyttöön jäävän alivirtaamaputken on oletettu purkavan vaadittu 0,02 m³/s minimivirtaama. Havaintojaksolla padon luukku on ollut vuosittain kiinni osan aikaa vuodesta, jolloin alivirtaama on määräytynyt alivirtaamaputken virtaamien mukaisesti. Keskiylivirtaamat säilyvät keskimäärin samalla tasolla havaintojakson ylivirtaaman kasvaessa hieman.

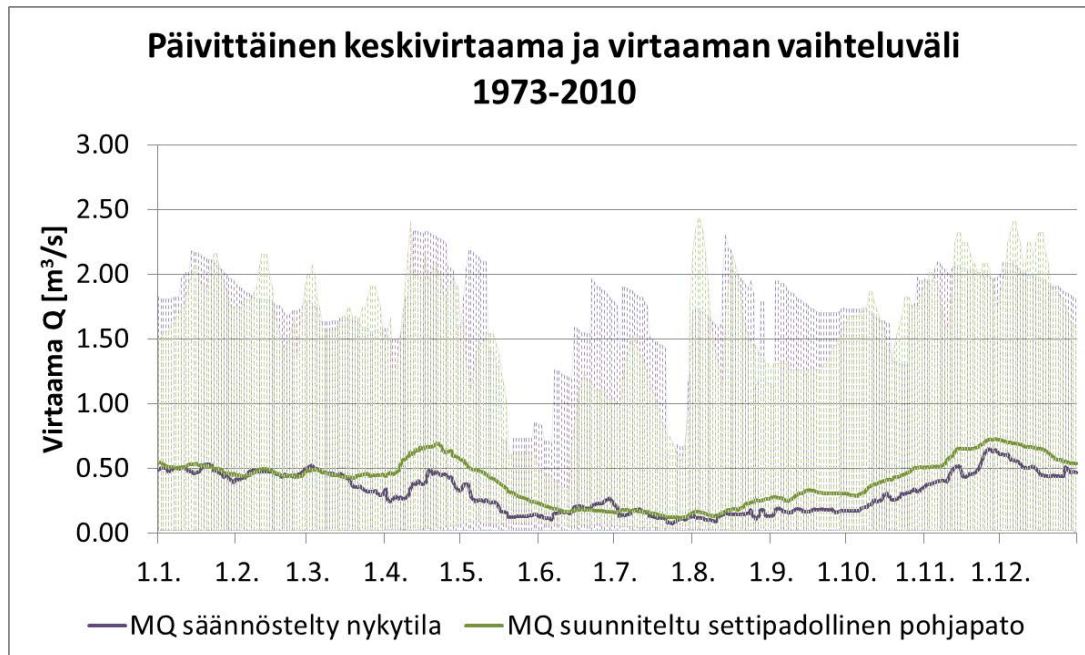
6.2.2 Vedenkorkeuden ja virtaaman pysyvyys

Koko havaintojakson nykytilan ja suunnitellun tilanteen päivittäinen keskivedenkorkeus ja -virtaama sekä niiden vaihteluväli verho on esitetty kuvassa 6.1 ja 6.2.



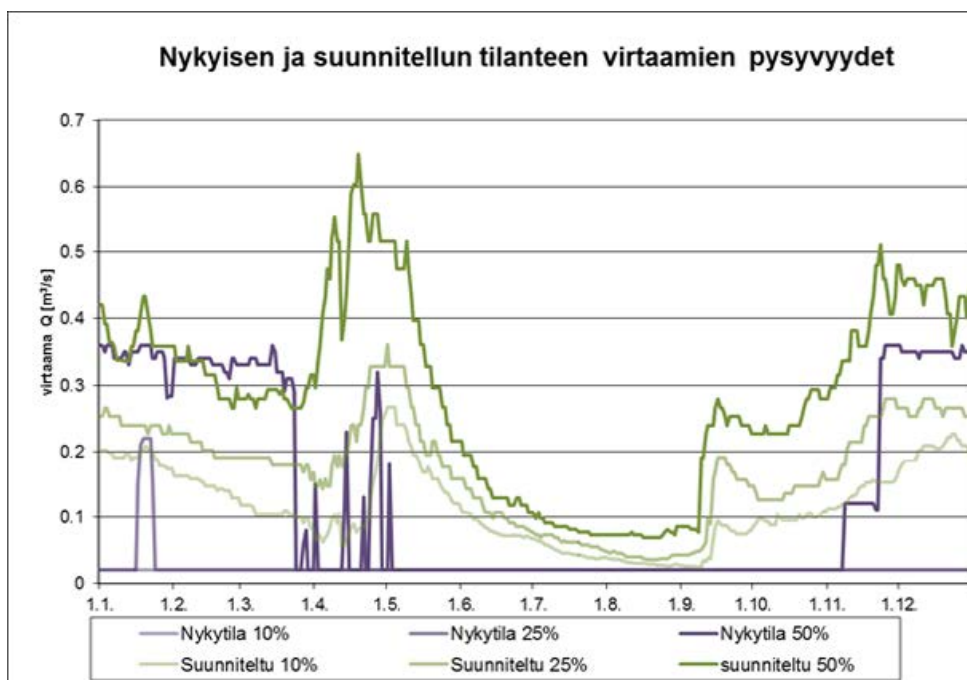
Kuva 6.1. Bodominjärven havaittu ja suunnitellun mukainen simuloitu keskivesi ja vedenkorkeuden vaihteluväli havaintojaksolle 1973-2010.

Bodominjärven talvialenema pienenee nykytilanteesta. Tulvavesi nousee lähes nykytasolle, mutta alenee nopeammin kynnnyksen purkaessa vettä ylemmillä vedenkorkeuksilla alivirtaama-aukkoa pienentävän elementin sulkemisesta huolimatta. Loppukesän vedenkorkeudet on mahdollista säilyttää havaintojaksen keskimääräistä arvoa korkeammalla. Havaintojaksolla pato on ollut keskimääräisesti suljettuna koko kesän ja alkusyksyn, joten nimenomaan vedenottamolle toimitettu virtaama on alentanut järven vedenkorkeutta. Vedenkorkeuden vaihteluväli havaintojaksolla kaventuu nykyisestä.



Kuva 6.2. Bodominjärven havaittu ja suunnitellun mukainen simuloitu keskimenovirtaama ja menovirtaaman vaihteluväli havaintojaksolle 1973-2010.

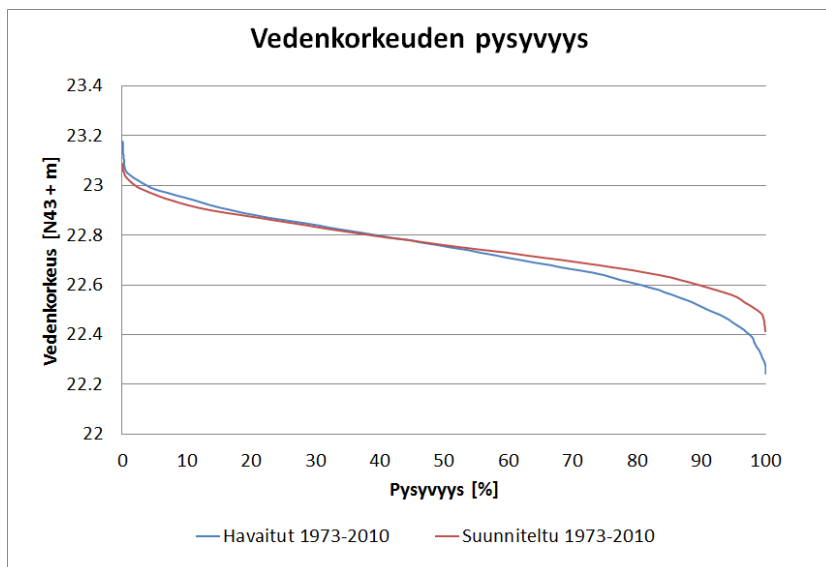
Suunnitellun tilan virtaama kasvaa hieman nykyisestä johtuen vedenotosta, jota ei simuloinneissa ole huomioitu. Muutama sateinen kesä tasoittaa keskivirtaamaa huomattavasti. Tarkasteltaessa menovirtaaman päiväpysyvyyksiä (kuva 6.3) huomataan, että yli puolet vuosista padon luokku on ollut nykytilassa käytännössä touko-marraskuun täysin kiinni ja alapuolinen uoma alivirtaamaputken varassa.



Kuva 6.3. Menovirtaamien 50-, 25- ja 10-prosentin päiväpysyvyydet nykyisessä ja suunnitellussa tilassa.

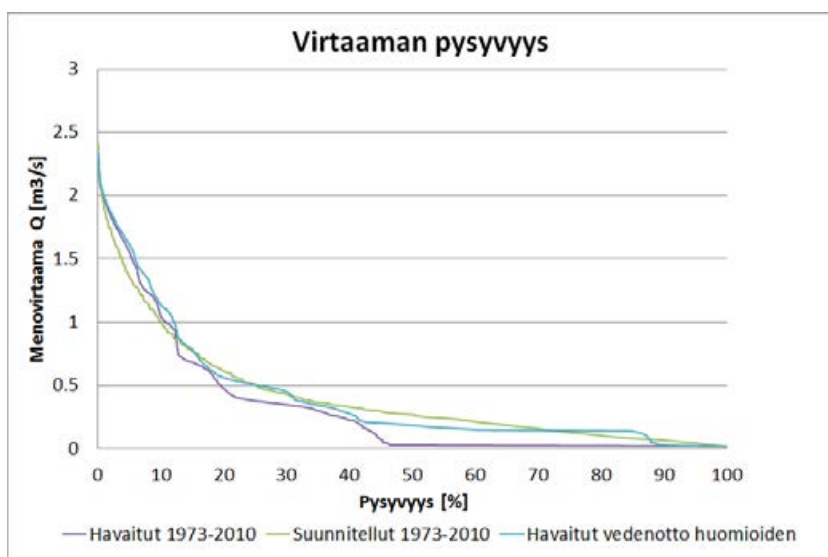
Suunnitellun mukaisessa tilassa menovirtaama sen sijaan seuraa suunnilleen tulovirtaaman mukaista rytmiä (kuva 4.6). Syksyllä on kuitenkin havaittavissa virtaaman nousu, mikä johtuu padon purkautumisesta pienentävän elementin poistamisesta.

Vedenkorkeuden pysyvyyskäyrä koko havaintojaksolle on esitetty kuvassa 6.4.



Kuva 6.4. Vedenkorkeuden havaittu ja suunniteltu simuloitu pysyvyys havaintojaksolla.

Keskivesi pysyy suunnitellussa tilassa käytännössä muuttumattomana. Muutoksia on kuitenkin huomattavissa järven alimpien ja ylimpien vedenkorkeuksien pysyvyydessä. Osittain erityisesti alimpien vedenkorkeuksien nousua selittää vedenotto Bodominjärvestä vuoteen 1998, sillä suunnitellussa tilanteessa vedenottoa ei ole oletettu tapahtuvan. Tilanne näkyy myös virtaamien pysyvyyskäyrissä (kuva 6.5).

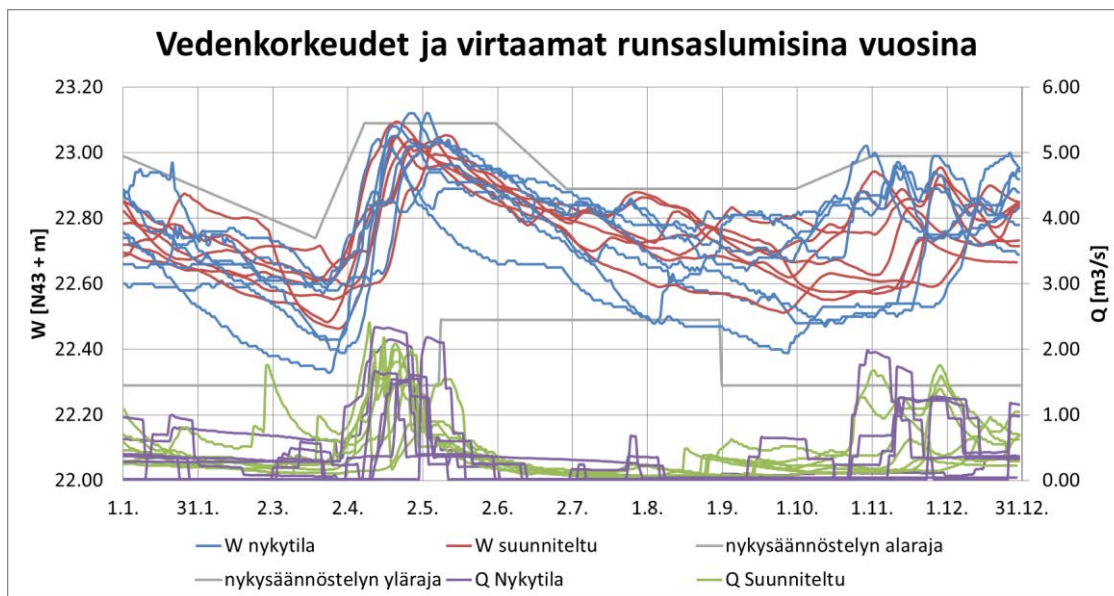


Kuva 6.5. Virtaaman havaittu ja suunniteltu simuloitu pysyvyys havaintojaksolla.

Verrattaessa vain Glomsinjokeen vuosina 1973-2010 juoksutettuja virtaamia suunniteltuun, on alimpien virtaamien pysyvyydessä havaittavissa selkeä nousu. Tilanne selittyy, kun pysyvyyssäyrässä huomioidaan myös vedenottamolle pumpattu virtaama.

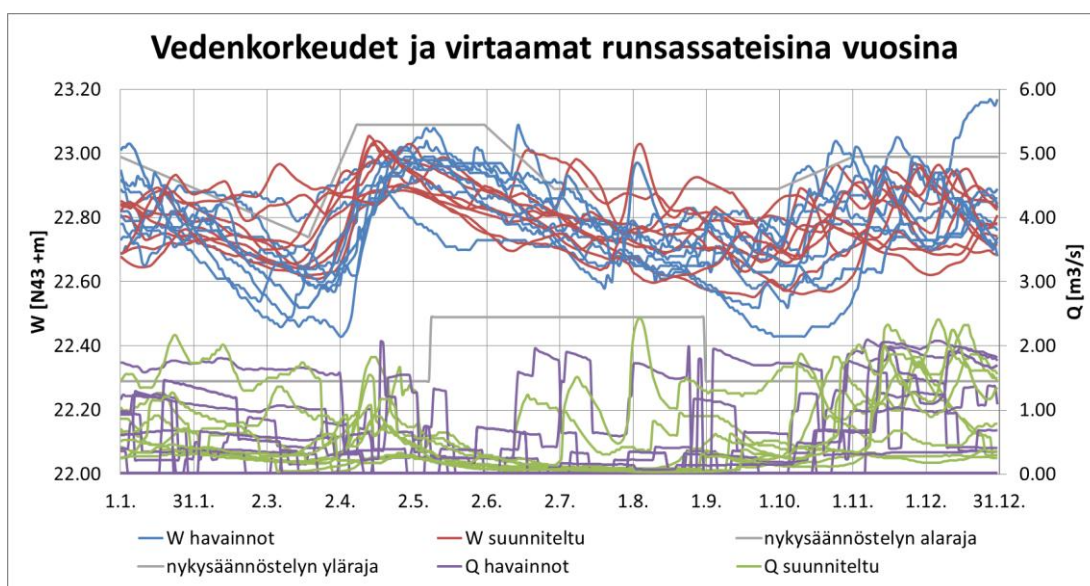
6.2.3 Tulvatilanteiden hallinta

Padon käytön ja järven säännöstelyn kannalta haasteellisissa tilanteita syntyy, kun järven tulovirtaama on pitkittyneesti suurempi kuin padon sallittu maksimijuoksutus. Kuviin 6.6 ja 6.7 on jaoteltu nykyisen ja suunnitellun tilanteen vedenkorkeudet ja virtaamat, kun järven tulovirtaama on ollut tavanomaista suurempaa lumen sulannasta tai sateisesta kaudesta johtuen.



Kuva 6.6. Vedenkorkeuden ja virtaaman vaihtelut runsaslumisina vesivuosina (1977, 1982, 1984, 1985, 1986, 1999, 2010).

Tulvien ennakkointi runsaslumisina talvina onnistuu settipadon avulla ilman nykyisten säännöstelyn luparajoja rikkomatta niin vedenkorkeuden kuin virtaamankin osalta. Myöskään sateista johtuen ei merkittäviä raja-arvojen rikkoutumisia tapahdu (kuva 6.6). Useimpina vuosina järven vedenkorkeudet pystyttiin hallitsemaan pelkän kynnyksen avulla, kun settipadosta oli loppusyksystä poistettu kaksi ylintä settipalkkia.

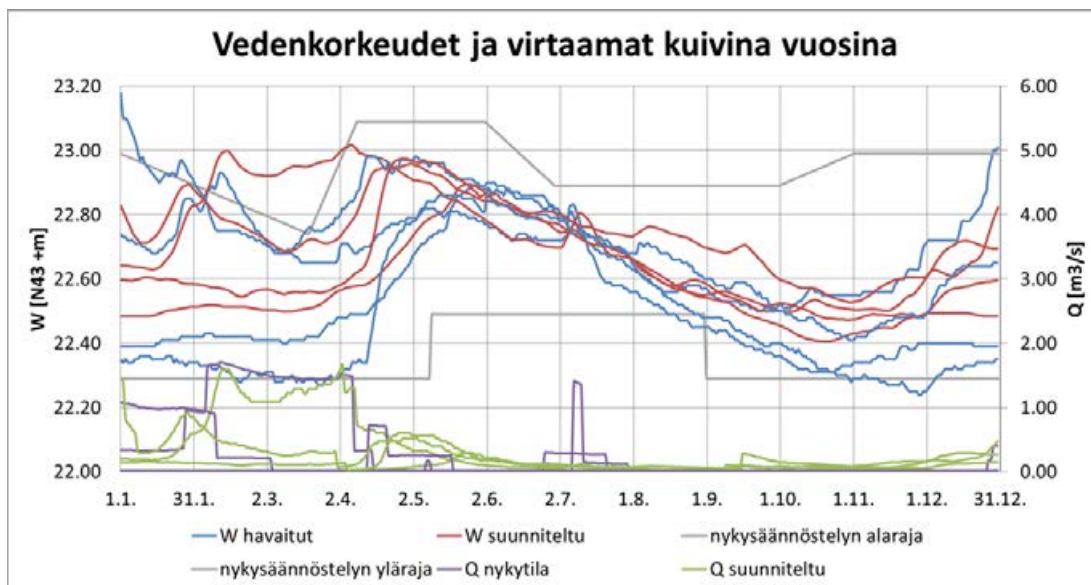


Kuva 6.7. Vedenkorkeuden ja virtaaman vaihtelut runsassateisina vesivuosina (1974, 1980, 1981, 1983, 1986, 1993, 2000, 2004, 2005, 2007, 2007).

Haasteellisin vuosi suunnitellussa tilanteessa on syntynyt kesällä 2004, jolloin sekä vedenkorkeuden että virtaaman nykysäännöstelyn mukaiset raja-arvot olisivat hetkellisesti rikkoutuneet. Myös nykysäännöstelyssä vedenkorkeus pysytteli säännöstelyrajan yläpuolella muutaman päivän.

6.2.4 Kuivat kaudet

Kuivina vuosina vedenkorkeus putoaa lähelle vedenkorkeuden alarajaa loppukesästä niin nyky- kuin suunnitellussakin tilanteessa (kuva 6.8).

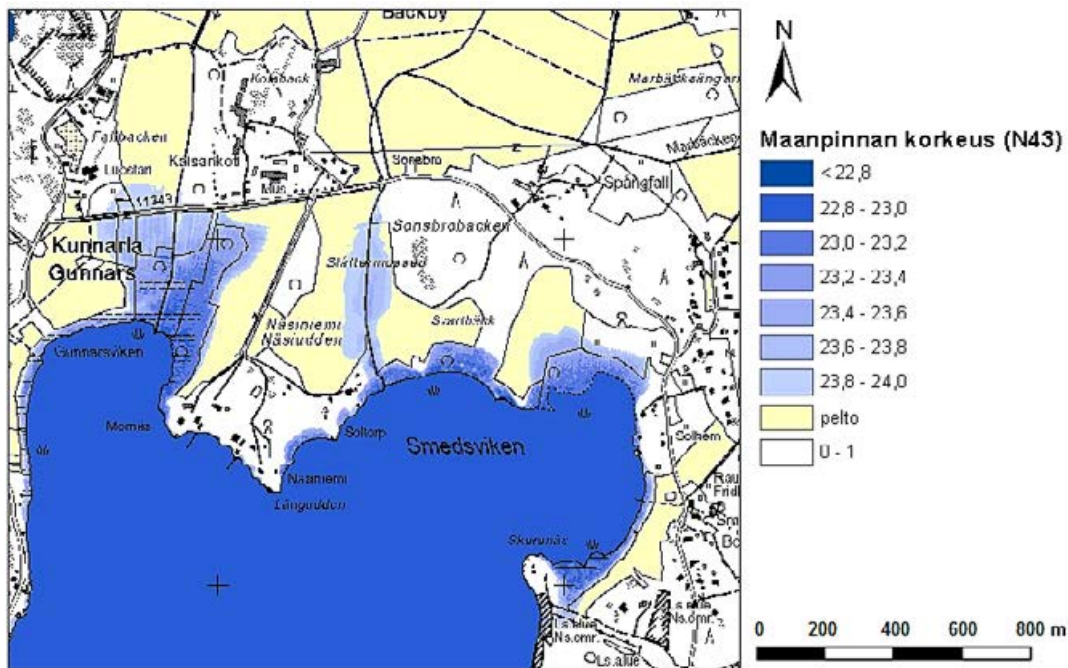


Kuva 6.8. Vedenkorkeuden ja virtaaman vaihtelut kuivina vesivuosina (1975, 1976, 2002, 2003).

Säännöstelyn alarajan alittuminen pystytään kuitenkin kuivinakin kausina välttämään. Kuivina jaksoina virtaamat Glomsinjokeen ovat suurimman osan vuodesta pelkän alivirtaamaputken varassa. Erityisen haasteellista on, mikäli vuosi jää kuivaksi kahtena vuotena peräkkäin, kuten vuosina 1975-1976 sekä 2002-2003. Esimerkiksi vuosina 1976 ja 2003 säännöstelypato on ollut koko vuoden kiinni. Myös suunnitellun tilanteen mukaisesta padosta sekä kaikki settiluukut että alivirtaama-aukon elementti on koko vuoden pidetty suljettuna.

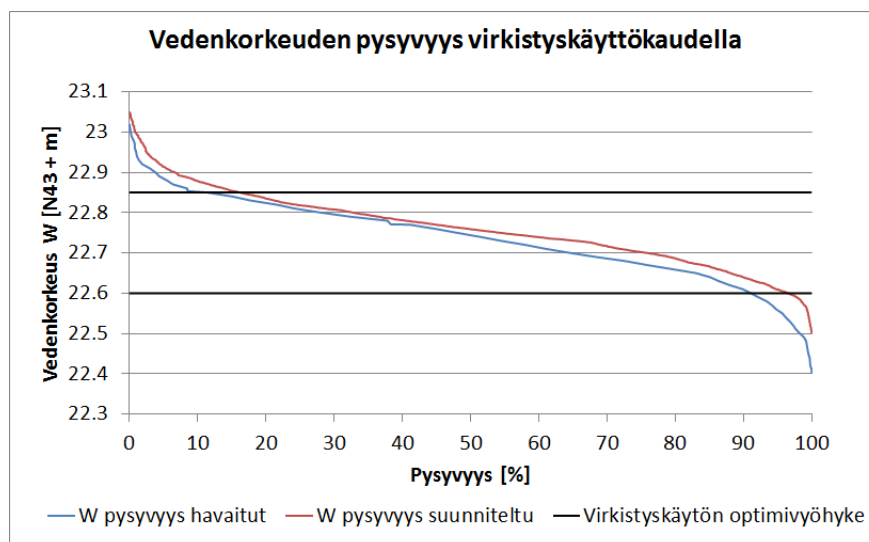
6.2.5 Vesistön ja rantojen käyttö

Säännöstelyn muuttaminen suunnitellulla patovaihtoehdolla ei nosta Bodominjärven ylivesiä nykyisestä tasosta, joten tulvat eivät aiheuta nykyistä suurempia vahinkoja ranta-alueilla. Maataloudelle aiheutuvat vettymishaitat määräytyvät kasvukauden vedenkorkeuden ja kuivavaran mukaisesti. Bodominjärveä ympäröivät pellot sijaitsevat järven pohjoispuolella pääosin korkeuden N43 +24,0m yläpuolella, jolloin Kirkkomäen ym. (1982) asettaman kuivavaran mukaan pelloille aiheutuisi vettymisvahinkoja kasvukauden keskimääräisen vedenkorkeuden noustessa yli korkeuden N43 +23,2m. Kasvukauden keskimääräinen vedenkorkeus suunnitellussa tilanteessa kasvaa nykysäännöstelystä 2 cm korkeuteen N43 +22,77m. Vedenkorkeudella olisi vaikutuksia satoon peltoalueilla, jotka sijaitsevat tason N43 +23,60 alapuolella. Korkeusaineistotarkastelun perusteella peltojen reuna-alueet ovat rajautuneet kyseisen rajan yläpuolelle. Keväällä ja syksyllä työkonet asettavat peltojen käytölle 1,2 m kuivavaran (Tuononen ym. 1981). Kuvassa 6.9 on esitetty alueet, joilla vedenkorkeuden ollessa nykysäännöstelyn ylärajoilla, voi konetyöskentely olla hetkellisesti estynyt. Korkeimpien vedenpintojen pysyvyys tulosten perusteella kuitenkin vähenee, joten muutoksia negatiiviseen suuntaan ei säännöstelyn muuttamisella maatalouden kannalta ole odotettavissa.



Kuva 6.9. Tarkastelu peltoalueista, joilla konetyöskentely saattaisi hetkellisesti rajoittua vedenkorkeuden ollessa tasolla 23,10m +N43. Luvat: Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/11, Affecto Finland Oy, Karttakeskus, Lupa L4659.

Merkittävimmäksi virkistyskäyttökaudeksi on määritelty 21.6.-15.8. välinen aika. Suunniteltuun kynnykseen asetetaan keväällä alivirtaama-aukon pienentämiseksi elementti, jonka avulla vedenkorkeus voidaan paremmin pitää halutulla tasolla merkittävimpänä virkistyskäyttökautena. Kuvassa 6.10 on esitetty virkistyskäyttökauden vedenkorkeuden pysyvyys havaittuna sekä suunnitellussa tilassa.



Kuva 6.10. Vedenkorkeuden pysyvyys merkittävimmällä virkistyskäyttökaudella 21.6.–15.8. havaintovuosina 1973-2010.

Järven virkistyskäyttömahdollisuudet paranevat hieman loppukesästä, jolloin vedenkorkeus ei laske virkistyskäytön kannalta liian alhaiselle tasolle. Lisäksi vedenkorkeus pysyy merkittävimpänä virkistyskäyttökautena tasaisena. Bodominjärven virkistyskäytön kannalta optimaalisella vedenkorkeusvyöhykkeellä vedenkorkeus on yli 80 % merkittävimmästä virkistyskäyttökautesta. Muutoksia on pysyvyydellä molemmissa ääripäissä, mutta vedenkorkeuden pysyvyydessä optimaalisella alueella ei suunnitellu.

nittelutilanteessa tapahdu muutosta. Virkistyskäytön kannalta positiivisena asiana voidaan pitää myös eliöstön kulun mahdollistavan padon rakennus, joka ajan kuluessa voi parantaa järven virkistyskalastusmahdollisuuksia.

Korkeusaineistotarkastelun perusteella luonnonsuojelualueet tai historialliset kohteet eivät sijaitse säännöstelyn muutosten vaikutusalueella. Säännöstelyn vaikutukset tulee huomioida kaavoituksessa ja rakennettaessa kiinteistöille uusia rakennuksia.

6.2.6 Bodominjärven luonto ja eliöstö

Luonnon kannalta tarkasteltavia ajankohtia ja vedenkorkeuksia olivat talven alin vedenkorkeus, kevään ylin vedenkorkeus ja kesäkauden vedenkorkeuden muutos. Analyysin tulokset on esitetty taulukossa 6.4.

Taulukko 6.4. Vedenkorkeusanalyysin tulokset.

	Nykytila (m)				Suunniteltu tila (m)				muutos
	keski-arvo	min	max	keskihaj.	keski-arvo	min	max	keskihaj.	keski-arvo
Talvialenema	0.18	-0.20	0.51	0.20	0.13	-0.18	0.46	0.15	+5cm
Kevättulvan suuruus	0.26	0.09	0.47	0.09	0.23	0.09	0.42	0.08	-3cm
Kesäkauden vedenpinnan lasku	-0.28	-0.53	-0.11	0.10	-0.20	-0.40	-0.04	0.09	+8cm

Vedenkorkeuden muutokset tarkastelluissa tilanteissa eivät muutu merkittävästi, eikä näin ollen merkittäviä vaikutuksia järven luonnolle tai eliöstölle tapahdu. Säännöstelyohjeesta on tarkoitus poistaa kevätkuopan tekemisen velvoite, jolloin vedenpinnan alennusta ei tarvitse tehdä mikäli vallitsevan lumitilanteen mukaan runsasta kevättulvaa ei ole odotettavissa. Järven keskimääräinen talvialenema pienenee nykyisestä tilasta, mikä pienentää jäätyvän vyöhykkeen osaa ja on näin ollen taulukon 6.1 mukaisesti suotuisaa mm. syksyllä kuteville kalalajeille, pohjaeläimille sekä pohjalehtisille. Järven keskimääräinen kevättulva pienenee kolme senttimetriä nykyisestä. Muutos vaikuttaa vedenkorkeuteen kutupaikoilla ja nuorten kalojen suojapaikoilla. Bodominjärven rannat ovat kuitenkin suhteellisen jyrkät, eikä muutoksella ole suurta vaikutusta kyseisten alueiden laajuuteen. Rehevöitymisen kannaltakaan muutoksella ei ole merkitystä, sillä nykytilassa tulvavedenkorkeuksia on leikattu niin, ettei ravinteiden poistumista rannoille juuri tapahdu. Kesän aikana vedenkorkeus laskee nykyistä hieman vähemmän, joka voi pienentää saraikon laajuutta ja sitä kautta myös keväällä saraikossa kuteviin kaloihin ja esimerkiksi järven haukikantaan. Huomioitavaa kuitenkin on, että nykytilan vedenkorkeuksissa on ympäri vuoden vedenottamolle toimitettu suurimman osan havaintokaudesta vettä keskimäärin 0,13 m³/s, minkä vuoksi vedenkorkeus on laskenut nopeammin.

Järven ranta-alueet ovat pääasiassa hienorakeista maalajia, mikä on erityisesti eroosiolle herkkää. Maastokatselmuksessa järven ranta-alueilla oli havaittavissa paikoin erodoitumista (kuva 6.11-6.12).



Kuva 6.11. Eroosion kuluttamia rantoja Bodominjärvellä. Kuva: © Niina Kärkäs



Kuva 6.12. Eroosion kuluttamaa rantapenkkaa Bodominjärven lasku-uomassa nykyisen padon yläpuolella. Kuva: © Niina Kärkäs

Järven vedenkorkeudet ovat suunnitellussa tilassa alkusyksystä keskimäärin n. 5-10 cm nykytilannetta korkeammalla. Loppusyksystä ennen jäiden jäätymistä vedenkorkeus on suunnitellussa tilanteessa kuitenkin nykytilaa hieman alhaisempi, joten merkittäviä muutoksia rantojen eroosioon ei ole odotettavissa.

6.2.7 Järven alapuolinen vesistö

Virtaamanmuutoksien vaikutuksia alapuoliseen vesistöön arvioitiin IHA-menetelmällä (Indicators of Hydrologic Alteration, Richter ym. 1996), jossa tarkasteltavina olivat virtaaman vaihteluiden voimakkuus, ääriolosuhteiden voimakkuus ja kesto sekä ajoitus. Menetelmän mukaiset tulokset on esitetty taulukossa 6.5–6.6 ja kuvissa 6.13–6.14.

Taulukko 6.5. Kuukausittainen menovirtaama nykyisessä ja suunnittelun mukaisessa tilassa.

	Nykytila 1973-2010					Suunniteltu 1973-2010 (ei huomioitu vedenottoa)				
	keski-arvo	keskihajonta	variaatio-kerroin	min	max	keski-arvo	keskihajonta	variaatio-kerroin	min	max
tammi	0.48	0.43	0.90	0.02	2.18	0.50	0.35	0.70	0.02	2.16
helmi	0.45	0.50	1.11	0.02	1.92	0.45	0.39	0.87	0.02	2.15
maalis	0.40	0.42	1.06	0.02	1.80	0.44	0.39	0.88	0.02	2.08
huhti	0.37	0.41	1.11	0.02	2.34	0.59	0.38	0.65	0.02	2.40
touko	0.22	0.22	1.00	0.02	2.18	0.39	0.18	0.46	0.07	1.66
kesä	0.18	0.24	1.33	0.02	1.96	0.18	0.11	0.63	0.06	1.24
heinä	0.13	0.22	1.64	0.02	1.90	0.15	0.19	1.26	0.03	1.80
elo	0.13	0.29	2.20	0.02	2.30	0.19	0.30	1.59	0.02	2.42
syys	0.19	0.34	2.00	0.02	1.95	0.30	0.28	0.93	0.02	1.62
loka	0.27	0.34	1.32	0.02	1.98	0.40	0.33	0.83	0.02	1.94
marras	0.47	0.52	1.09	0.02	2.10	0.61	0.46	0.75	0.02	2.32
joulu	0.49	0.55	1.08	0.02	2.09	0.62	0.46	0.72	0.02	2.40

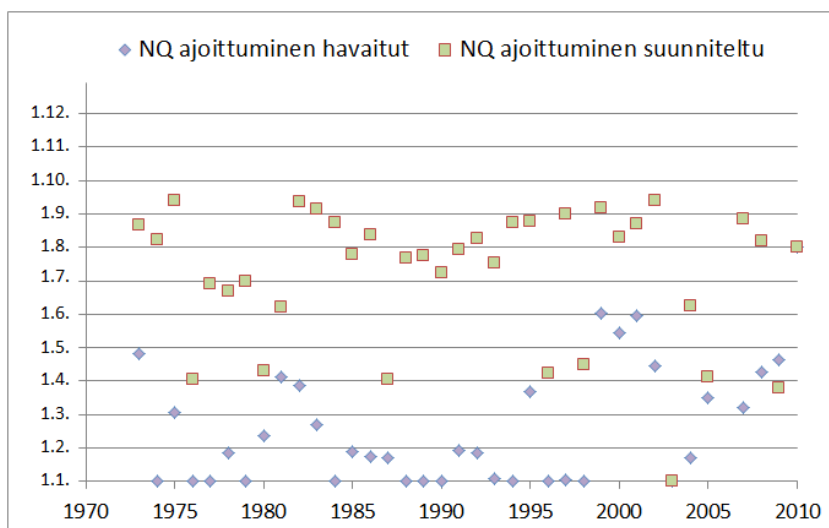
Kuukausittaisissa keskivirtaamissa ei tapahdu merkittävää muutosta suunnittelun ja nykytilan välillä. On huomioitavaa, ettei suunnitellussa ole huomioitu vedenottoa, mikä selittää virtaamien nousun. Virtaamien painopiste siirtyy kuitenkin suunnitellussa tilanteessa hieman enemmän huhtikuulle, kun nykytilassa huhtikuun keskivirtaama on selkeästi pienempi kuin talvella. Suunnitellussa tilanteessa virtaamien keskihajonta ja variaatiokertoimet ovat nykytilaa pienemmät, eli vuosien välinen vaihtelu virtaamissa on vähäisempää, mikä on merkityksellistä eliöstön sopeutumisen kannalta. Keskivirtaamien tarkastelu ei kuitenkaan anna todellista kuvaa esimerkiksi alivirtaamien vaikutuksista vesistön eliöstöön, sillä se tasoittaa äkilliset virtaamavaihtelut verrattuna esimerkiksi tilanteeseen, jossa pato on auki vain yhtenä

päivänä. Näin ollen virtaamia tarkasteltiin myös ääriolosuhteiden voimakkuuden, keston ja ajoituksen suhteen (taulukko 6.6 ja kuvat 6.13- 6.14).

Taulukko 6.6. Vuosittaisten ääriolosuhteiden voimakkuus ja kesto.

	Nykytila 1973-2010					Suunniteltu 1973-2010 (ei huomioitu vedenottoa)				
	keski-arvo	keskihaj.	variaatio-kerroin	min	max	keski-arvo	keskihaj.	variaatio-kerroin	min	max
MQ	0.31	0.19	0.61	0.02	0.08	0.41	0.16	0.39	0.85	0.85
min 1d	0.02	0.00	0.11	0.02	0.03	0.05	0.03	0.64	0.02	0.19
min 3d	0.02	0.01	0.52	0.02	0.03	0.05	0.03	0.63	0.02	0.20
min 7d	0.02	0.00	0.11	0.02	0.03	0.06	0.04	0.64	0.02	0.23
min 30d	0.02	0.02	0.72	0.02	0.12	0.07	0.05	0.66	0.02	0.31
min90d	0.05	0.07	1.38	0.02	0.34	0.11	0.07	0.66	0.02	0.31
max 1d	1.59	0.52	0.33	0.02	2.34	1.64	0.53	0.32	0.48	2.42
max 3d	1.58	0.53	0.33	0.02	2.33	1.61	0.51	0.32	0.47	2.39
max 7d	1.54	0.52	0.34	0.02	2.32	1.55	0.48	0.31	0.47	2.28
max 30d	1.18	0.49	0.42	0.02	2.02	1.21	0.38	0.32	0.39	1.94
max 90d	0.81	0.40	0.49	0.02	1.75	0.90	0.34	0.38	0.28	1.72

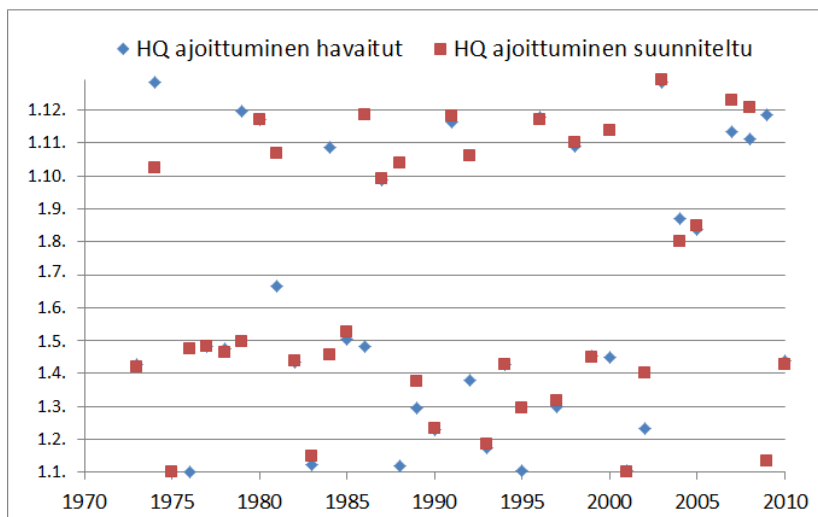
Tulosten mukaan (taulukko 6.6) suunnitellusta padosta Glomsinjokeen juoksutetut virtaamat tasoittuvat ja seuraavat paremmin luonnonmukaista vaihtelua kuin nykytilainen säännöstely. Alivirtaama-aukko takaa myös lähes kaikissa tilanteissa pienen virtaaman myös pohjapadolle, kun aiemmin säännöstelypato on ollut vuosittain pitkiä jaksoja täysin suljettuna ja pelkästään alivirtaamaputkesta tulevan Bodominjärven alusveden varassa. Suunnitellussa tilanteessa jaksot, jolloin alapuolisen vesistön virtaama on pelkän alivirtaamaputken varassa lyhenevät selkeästi. Myös alivirtaamajaksojen ajoittumisessa on selkeä muutos (kuva 6.13).



Kuva 6.13. Alivirtaamien ajoittuminen nykytilassa ja suunnitellussa tilassa.

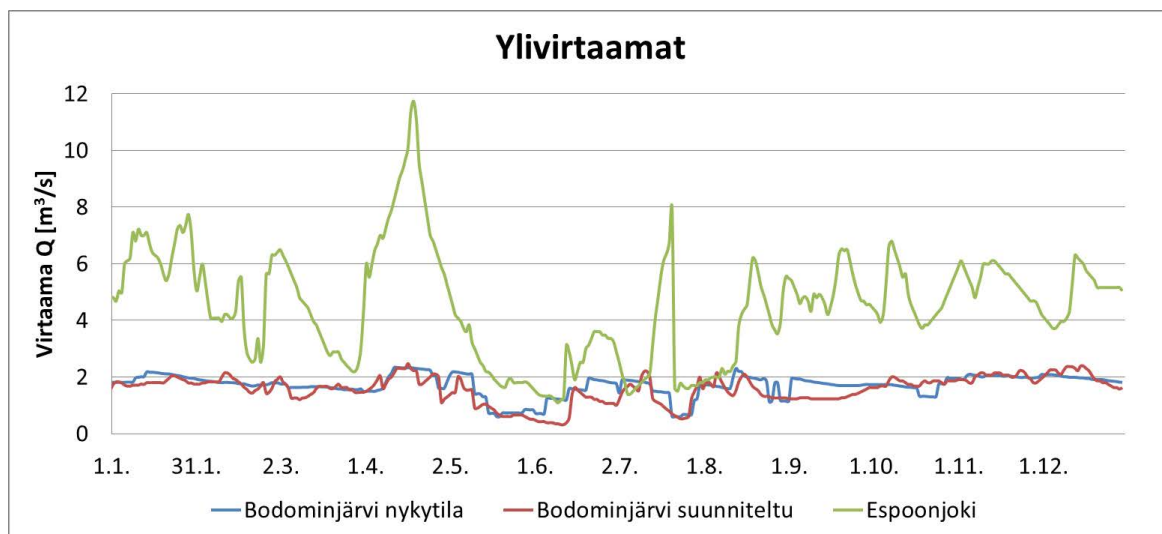
Nykytilassa ensimmäiset alivirtaamat ajoittuvat useina vuosina heti vuoden alkuun, ja 2000-luvullakin jo keväälle, eli pato on suljettu vuosittain hyvin aikaisin Bodominjärven vedenkorkeuden säilyttämiseksi. Suunnitellun mukaisessa tilanteessa alivirtaamat ajoittuvat pääsääntöisesti loppukesään. Ylivirtaaman

ajoittumisessa ja suuruudessa sen sijaan ei ole merkittävää muutosta suunnitellun ja nykytilan välillä (kuva 6.14).



Kuva 6.14. Ylivirtaamien ajoittuminen nykytilassa ja suunnitellussa tilassa.

Kuvassa 6.15 on esitetty nykyisen ja suunnitellun padon sekä Espoonjoen ylivirtaamien ajoitus vuosilta 1995-2010. Espoonjoen virtaaman tasaamisen kannalta merkittävimmät kevätylivirtaamat ajoittuvat samaan ajankohtaan niin nyky- kuin suunnitellussa tilassa.



Kuva 6.15. Päiväkohtaisten ylivirtaamien suuruus ja ajoitus Bodominjärven nykytilassa, suunnitellussa tilassa sekä Espoonjoella.

Tasoitunut luonnonmukaista rytmiä mukaileva juoksutus on erityisen hyvä Bodominjärven alapuolisen vesistön eliöstön kannalta. Padon alivirtaama-aukkoa pienentävä elementti poistetaan syksyllä, jolloin padosta virtaava vesimäärä kasvaa ja padossa ja alapuolisessa uomassa virtaa riittävästi vettä taimeiden nousemiseksi. Virtaama tasoittuu elementin ja settipalkkien sulkemisesta huolimatta tasaisesti kevään ylivirtaaman jälkeen, jolloin vettä riittää myös mahdollisesti keväällä kuoriutuville taimenpoikasille. Myös suunnitellussa tilassa vedenkorkeus saattaa loppukesästä painua alivirtaama-aukon alapuolelle, jolloin alapuolinen uoma on pelkän alivirtaamajakson varassa. Muutos nykytilaan on kuitenkin selkeä, sillä nykytilassa pato on ollut kokonaan suljettuna joka vuosi. Suunnitellussa tilanteessa kyseisiä jaksoja on neljänä vuotena.

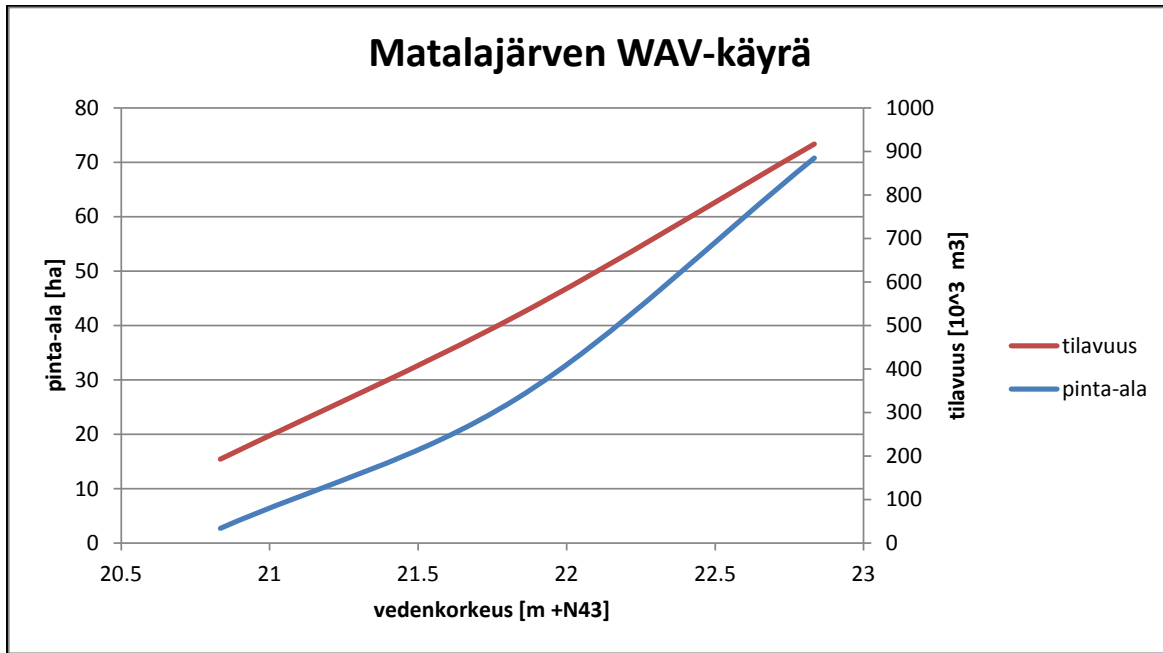
CASE II: Matalajärven vedenpinnan nostomahdollisuudet

7 Matalajärven aineisto ja menetelmät

7.1 Matalajärven vesistöalue

7.1.1 Yleistä

Bodominjärven itäpuolella sijaitseva Matalajärvi on luontaisesti rehevä ja matala savikkoalueen järvi. Järven pinta-ala on 71,5 ha, maksimisyvyys 1,3 m ja keskimisyvyys 0,9 m. Matalajärven valuma-alueen pinta-ala on 487 ha. (Mykkänen 2008) Matalajärven vedenkorkeus-pinta-ala-tilavuuskäyrä on esitetty kuvassa 7.1.



Kuva 7.1. Matalajärven pinta-ala ja tilavuus eri vedensyvyyksissä (N43). (Tiedot Hertta 2011)

Matalajärvi on nimensä mukaisesti matala latvajärvi, jonka erityispiirteenä on rehevyys ja kirkas vesi. Matalajärvi on ilmeisesti lähdevaikutteinen ja siksi kirkasvetinen (Barkman 2010a). Matalajärven avoimen veden pinta-ala on vuosikymmenien kuluessa jatkuvasti pienentynyt, eli järvi on kasvamassa umpeen (Barkman 2010b).

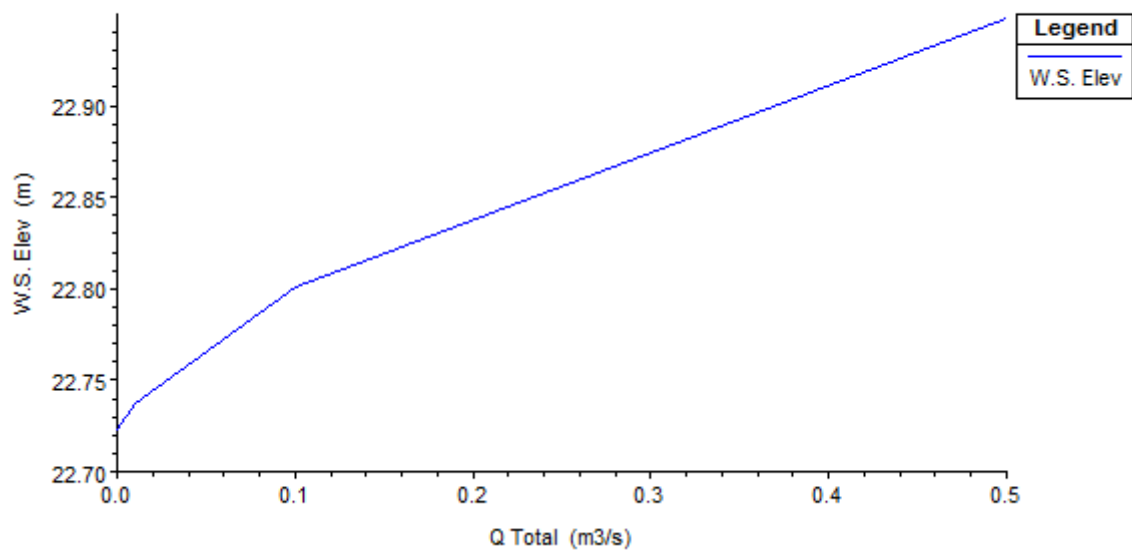
7.1.2 Matalajärven pohjapato

Vuoden 1965 säännöstelyluvan mukaisesti (Länsi-Suomen Vesioikeus 1965) Bodominjärven ja Matalajärven välinen puro on perattu, jolloin Matalajärvi toimii Bodominjärven ohella säännöstelyaltaana. Matalajärven vedenpinnan alenemisen rajoittamiseksi järven laskupuroon on rakennettu pohjapato (kuva 7.2), jonka harjan korkeus on NN +22,65m. Vesi virtaa padon läpi kahdessa tasossa olevia rumpuja pitkin. Vedenpinnan alenemista rajoittaa rumpujen eteen asetettu lautarivistö.



Kuva 7.2. Matalajärven pohjapato. Kuva: © Niina Kärkäs

Patorakenteet mitattiin kesällä 2011. Padon purkautumiskäyrä on määritetty HEC-RAS- ohjelmalla ja esitetty kuvassa 7.3.



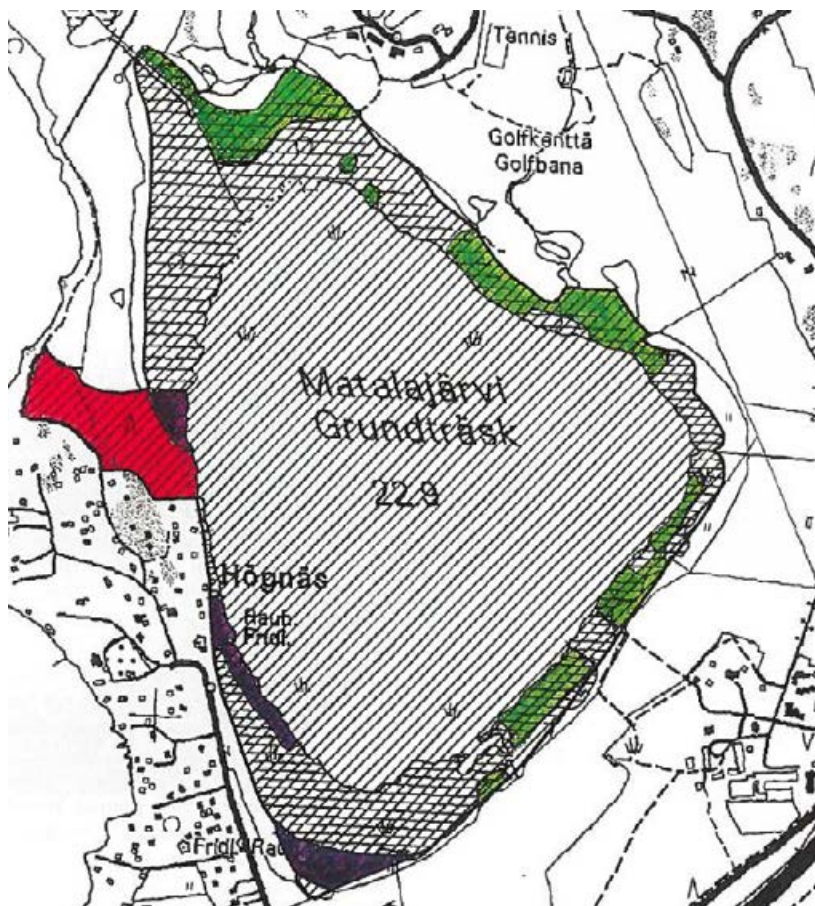
Kuva 7.3. Matalajärven nykyisen pohjapadon purkautumiskäyrä.

Pääasiassa vesi virtaa Matalajärvestä Bodominjärveen. Kevättulvien aikaan veden on kuitenkin havaittu virtaavan myös vastakkaiseen suuntaan (Barkman 2005).

7.1.3 Rantojen käyttö

Matalajärven rannoilla sijaitsee 17 kiinteistöä, joista viisi on Metsähallituksen omistuksessa olevia kiinteistöjä. Metsähallituksen hallinnoimat kiinteistöt sekä koko Matalajärven vesialue ovat osa Nuuksion kansallispuistoa. Pääasiassa rantakiinteistöillä on kesäasuntoja ja pientaloja. (Kiinteistötietojärjestelmä 2011)

Matalajärvi on ranta-alueineen ja järven luoteisrannassa sijaitsevan lehtoalueen kanssa liitetty Natura 2000-verkostoon. Alueen luontodirektiivin mukaiset luontotyytit on esitetty kuvassa 7.4. Matalajärvi on ainoita Uudellamaalla kasvillisuudeltaan ja kasvistoltaan melko luonnontilaisena säilyneitä luontaisesti runsasravinteisia järviä. (Barkman 2010a)



Kuva 7.4. Matalajärven Natura 2000 -alue ja luontodirektiivin luontotyytit: Magnopotamion- tai hydrocharition –kasvustoiset ravinteiset järvet (järvialue), vaihettumissuot ja rantasuot (valkoiset suorannat), Borealiset lehdot (punainen) ja Fennoskandian metsäluhdet (vihreä=tervaleppäluhta, violetti=muut metsäluhdet). (Barkman 2010a).

Järven valuma-alueella sijaitsee viljelyksessä olevia peltoja ja 1987 perustettu golfkenttä (Barkman 2010a).

7.1.4 Kasvillisuus ja eliöstö

Järven vesikasvusto on edustava ja vaatelas. Valtakunnallisesti erittäin uhanalaiseksi luokiteltu luontodirektiivin laji hentonäkinruoho ja silmälläpidettäväksi harvinaiseksi luokiteltu laji jouhivita havaittiin vuonna 2000 elinvoimaiseksi järvellä. Matalajärvi on luokiteltu myös lintuvesiensuojeluohjelmassa valtakunnallisesti arvokkaaksi. Matalajärvi edustaa kasvitieteellisesti osmankäämi-ratamosarpio -järvityyppeä. Järven rannoilla kasvaa luhtia ja rantasoiia ja rantoja reunustava järviruoko- ja osmankäämivyöhykkeet. (Barkman 2010b)

Rehevöitymisen seurauksena lajimäärä on vähentynyt rehevyydestä hyötyvien lajien vallattua elintilaa muilta lajeilta ja erityisesti karvalehden massaesiintymiset ovat muodostuneen ongelmaksi 2000-luvulla. Vuosina 2003 ja 2004 karvalehti on peittänyt noin 70 % järven avoveden pinta-alasta ja lisäksi alueella on esiintynyt rihmamaisia viherlevälauttoja. (Barkman 2005)

Matalajärvellä on koekalastettu vuosina 2005, 2007 ja 2009. Mykkäsen mukaan (2008) särkikalat muodostavat suurimman osan kalastosta ja etenkin ruutanen määrää järvessä on huomattava. Lisäksi järvestä on kalastettu ahvenia ja haukia. Paikallisten havaintojen mukaan Bodominjärvestä kulkee haukia kevättulvan aikaan Matalajärveen kudulle. Vedenpintojen laskiessa on kalojen pääsy takaisin Bodominjärvelle pohjapadon läpi estynyt.

7.1.5 Alueella tehdyt kunnostustoimenpiteet

Matalajärveä on kunnostettu vuodesta 2005 lähtien muun muassa poistamalla runsaasti esiintyvää karvalehteä ja rakentamalla laskeutusallas ja kampaaja. Lisäksi järveä on kunnostettu hapettamalla, kunnostuskalastuksella ja istuttamalla järveen haukia. Valuma-alueen vaikuttajien kanssa on tehty yhteistyötä järven ulkoisen ravinnekuormituksen pienentämiseksi. (Barkman 2010a)

Suomen ympäristökeskus (SYKE) on suositellut näkinruohon ja koko Matalajärven suojelemiseksi ensisijaisesti ulkoisen ravinnekuormituksen vähentämistä koko valuma-alueella tehtävillä toimenpiteillä. SYKEN mukaan järven tilaa ja luontoarvoja auttaisi, jos järven vesitilavuutta voitaisiin lisätä nostamalla vedenkorkeutta. Toimenpide hidastaisi rantavyöhykkeessä todettua maatumista ja avoluhdan muuttamista pensas- ja puustoluhdaksi. (Toivonen ja Sammalkorpi 2011)

7.2 Vedenpinnan nosto kunnostusmenetelmänä

Järviin kohdistuvan vesistökuormituksen, erityisesti maa- ja metsätaloudesta tulevan hajakuormituksen vuoksi järvissä tapahtuu rehevöitymistä, joka ilmenee veden laadun heikkenemisen ohella matalien alueiden kiihtyvänä umpeenkasvuna. Järven vedenpinnan nostohankkeiden perimmäinen tavoite on useimmiten estää yhdessä muiden kunnostustoimenpiteiden kanssa järven täydellinen umpeenkasvu. Muita vedennostohankkeen tarkoituksia voivat olla järven virkistyskäytön edistäminen ja järvimaiseman parantaminen, jolloin kasvustosta vapaa avovesialue pyritään säilyttämään tai palauttamaan sekä saamaan riittävä vesisyvyys uintia, veneilyä ja virkistyskalastusta varten. Suomessa on toteutettu vuodesta 1970 lähtien noin 200 järven vedenpinnan nostohanketta. Vedenpinnan nosto on sopiva kunnostusmenetelmä, kun järvessä tai sen osissa mataluus on järven käyttökelpoisuutta rajoittava ongelma. Lisäksi edellytyksenä on, ettei vedennostosta aiheudu suuria vahinkoja ranta-alueille kesävedenpintojen noustessa, vaan vedennostolla aikaansaadut hyödyt ovat suuremmat kuin siitä aiheutuvat haitat. Yleisiä haittoja vedenpinnan nostamisesta ovat esimerkiksi rantapeltojen tai metsien vettyminen. (Lakso 2005)

Vesisyvyyden kasvaessa järven kasvillisuus vähenee ja umpeenkasvu hidastuu. Vedenpinnan ollessa aikaisempaa korkeammalla myös rantojen virkistyskäyttömahdollisuudet yleensä parantuvat. Vedenpinnan noston seurauksena järven vesitilavuus kasvaa, jolloin viipymä järvessä pitenee, mikä pitkällä tähtäimellä parantaa järven veden laatua. Erityisesti jään alla olevan järven vesitilavuus kasvaa yleensä suhteessa enemmän kuin järven kokonaistilavuus, jolloin talviaikainen happitilanne järvessä voi parantua, kun pohjasedimentin happea kuluttava vaikutus kohdistuu suurempaan vesimassaan. Samalla järven pohja jäätyy pienemmällä alueella. Aaltoilu aiheuttama pohjasedimentin sekoittuminen veteen aiheuttaa matalissa ja pinta-alaltaan laajoissa järvissä merkittävän sisäisen kuormituksen avovesikautena. Vedenpinnan nosto voi pienentää alueita, jossa aaltoilu sekoittaa pohjasedimenttiä, ja mahdollisuudet järven kerrostuneisuuteen lisääntyvät. (Lakso 2005)

Vedennoston seurauksena uusia ranta-alueita joutuu pysyvästi veden alle, mikä heikentää veden laatua tilapäisesti 1-3 vuoden ajan veden noston jälkeen. Heikkenemistä ei kuitenkaan välttämättä havaita, mikäli veden alle jäävät alueet ovat pieniä ja ne on puhdistettu orgaanisesta materiaalista ennen vedenpinnan noston toteuttamista. Vedenpinnan nosto hävittää lisäksi puu- ja pensaspeitteillä rannoilla sen kasvivyöhykkeen, joka jää kesäaikaisen vedenpinnan alapuolelle. Lisäksi toimenpide saattaa tappaa vedenpinnan yläpuolelle lähelle vesirajaa jääviä puita, koska niiden juuriston kosteusolosuhteet muuttuvat olennaisesti. (Lakso 2005)

Vedenpinnan nosto on edullinen kunnostusmenetelmä, jos järveä on aikaisemmin laskettu, ja vanha aikojen kuluessa muotoutunut rantapenger on löydettävissä, eikä nostettu vedenpinta aiheuta olennais-

ta haittaa rantojen käytölle. Vanhan rantapenkereen käyttö vähentää myös rantojen syöpymisen mahdollisuuksia vedennoston jälkeisessä tilanteessa. Tällöin vedenpinnan nostossa on itse asiassa järven palauttaminen alkuperäiseen tilaan. (Lakso 2005) Vedenpinnan nosto toteutetaan yleensä rakentamalla järven luusuaan pohjapato tai tekokoski. Vettymisvahinkojen estämiseksi saattaa tietyissä tapauksissa suojaengerten rakentaminen olla tarpeellista. (RIL 141 Yleinen vesitekniikka) Järven keskivedenpinnan pysyvä nosto edellyttää aluehallintoviranomaisen lupaa.

7.3 Matalajärven suunnittelun kuvaus

Matalajärven vedenpinnan korkeuden nostomahdollisuuksia ja sen vaikutuksia järven vedenkorkeuteen, pinta-alaan ja tilavuuteen arvioidaan vesitaseyhtälöön ja varastofunktioon perustuvalla simulointimallilla. Matalajärven pohjapadolla on vedenkorkeuden mitta-asteikko, jolta on viikoittaiset havainnot avoveden ajalta vuosilta 2008-2010. Havaintoaineisto ei riitä kuitenkaan luotettavan nettotulovirtaaman määrittämiseen, eikä sopivaa vertailuvesistöä löytynyt. Tulovirtaamina käytetään Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmän mallintamia arvoja (Vehviläinen ym. 2001), joita on saatavilla vuodesta 1991 alkaen.

Alaveden oletetaan vaikuttavan padon purkautumiseen taulukon 7.1 mukaisesti.

Taulukko 7.1. Alaveden (h) ja yläveden (H) suhteen vaikutus pohjapadon purkautumiskertoimeen σ . (Pajula ja Järvenpää 2007)

h/H	0,7	0,75	0,8	0,83	0,85	0,88	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	0,99
σ	1	0,97	0,93	0,89	0,85	0,79	0,74	0,68	0,6	0,5	0,36	0,26

Alavetenä laskennassa käytetään Bodominjärven vedenkorkeuksia. Vedenpinnan ollessa padon harjan yläpuolella veden oletetaan virtaavan siihen suuntaan, jossa vedenkorkeus on alempi.

Simulointi suoritetaan Matalajärven nykyisellä padolla Bodominjärven nykytilanteen ja suunnitellun tilanteen mukaisesti. Lisäksi tarkastellaan vaihtoehtoa, jossa Matalajärven pintaa nostetaan rakentamalla luonnonmukainen pohjapato. Tässä työssä ei oteta kantaa esimerkiksi Matalajärven luontoon kohdistuviin vaikutuksiin, vaan tarkoituksena on selvittää, missä tilanteissa ja kuinka paljon padon nostolla voidaan vaikuttaa Matalajärven vedenkorkeuksiin sekä arvioida noston vaikutuksia yleisellä tasolla mm. vettyviin alueisiin. Kyseiseen tarkasteluun käytetään järven VAW-käyrää, KM2-mallia ja laserkeilausaineistoja (luku 2.1.4).

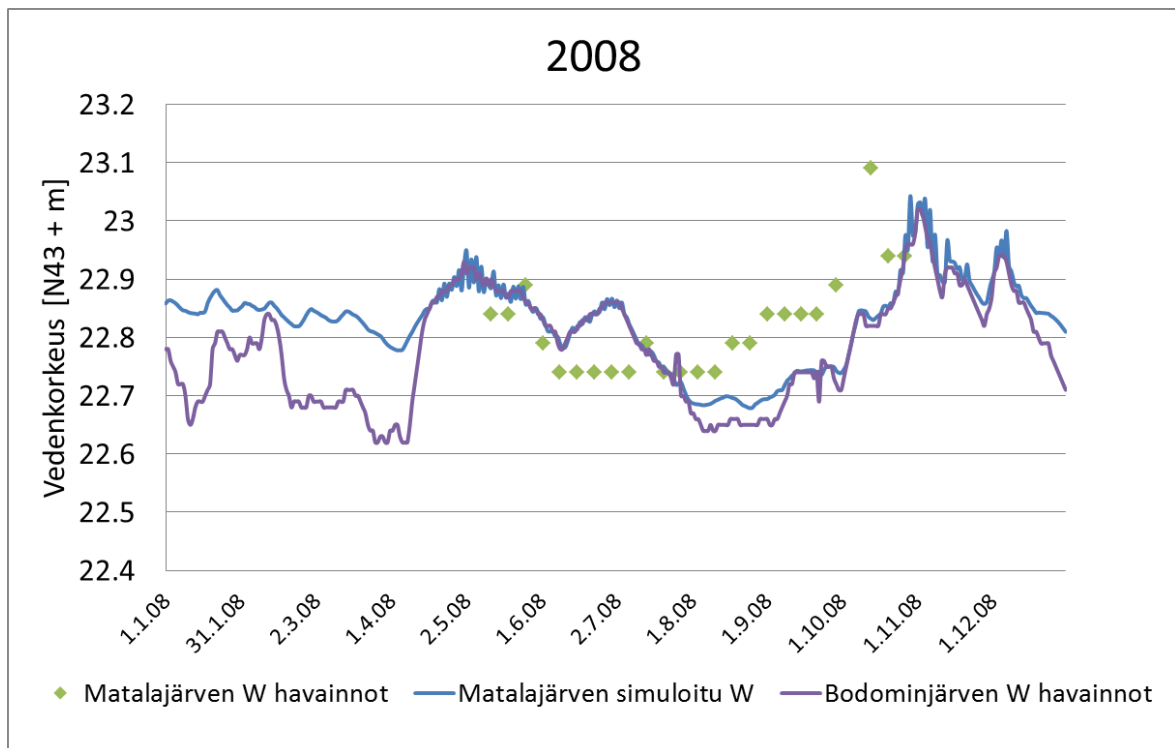
8 Matalajärven tulokset

8.1 Simuloidut vedenkorkeudet

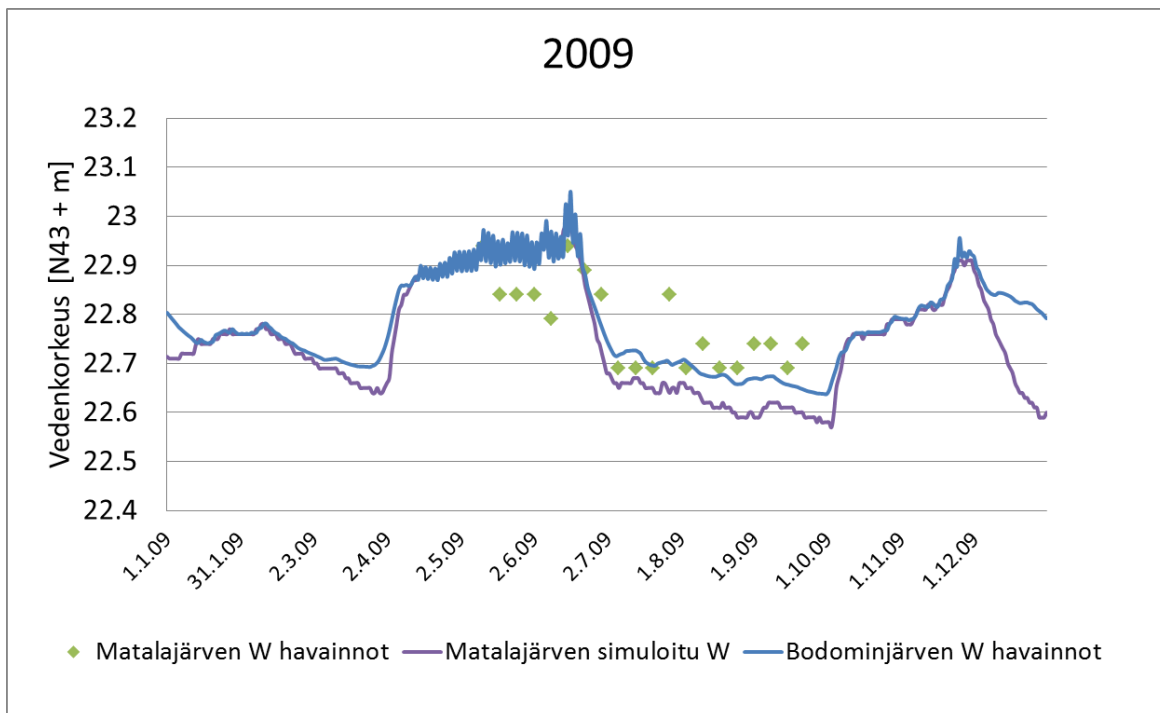
8.1.1 Matalajärven nykytila

SYKEN vesistömallijärjestelmän simuloimien tulovirtaaman mukaan Matalajärven keskitulovirtaama on $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$, mikä vastaa yleistä valuma-alueen pinta-alaan perustuvaa valunnan syntymistä, jonka mukaan Matalajärven keskimääräinen tulovirtaama olisi noin $0,04\text{-}0,06 \text{ m}^3/\text{s}$.

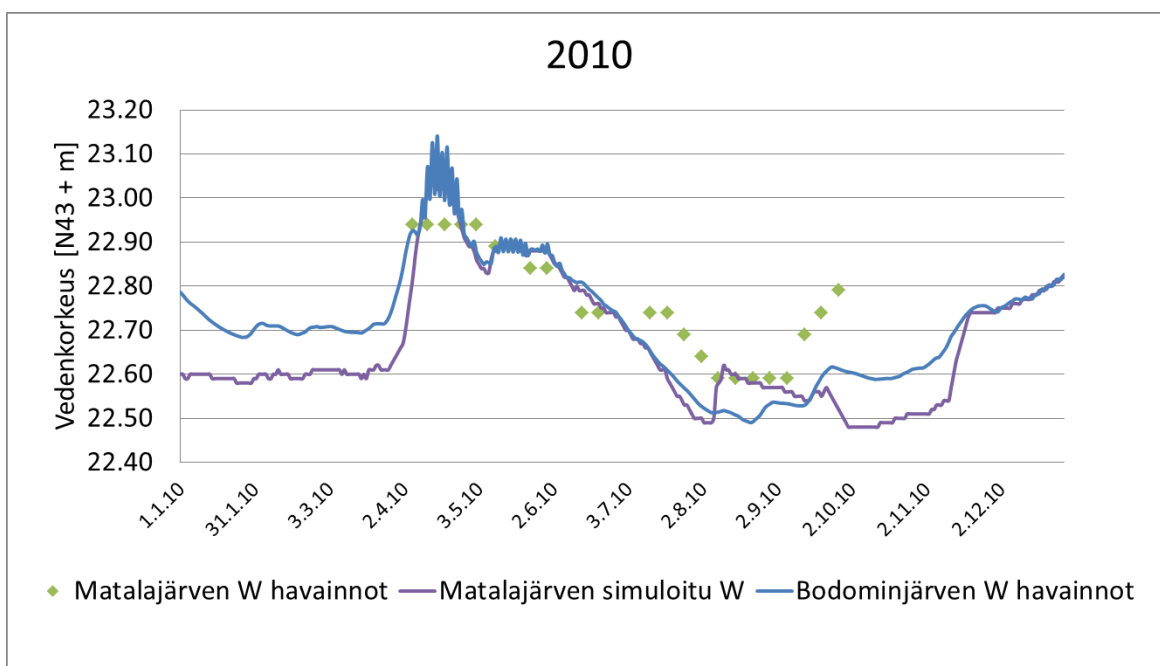
Kuvissa 8.1-8.3 on Matalajärven simuloituja vedenkorkeusarvoja, sekä havainnot Bodominjärveltä ja Matalajärven padolta vuosina 2008-2010.



Kuva 8.1 Matalajärven simuloidut ja havaitut vedenkorkeudet, sekä Bodominjärven havaitut vedenkorkeudet vuonna 2008.



Kuva 8.2. Matalajärven simuloitua ja havaitua vedenkorkeutta, sekä Bodominjärven havaitua vedenkorkeutta vuonna 2009.



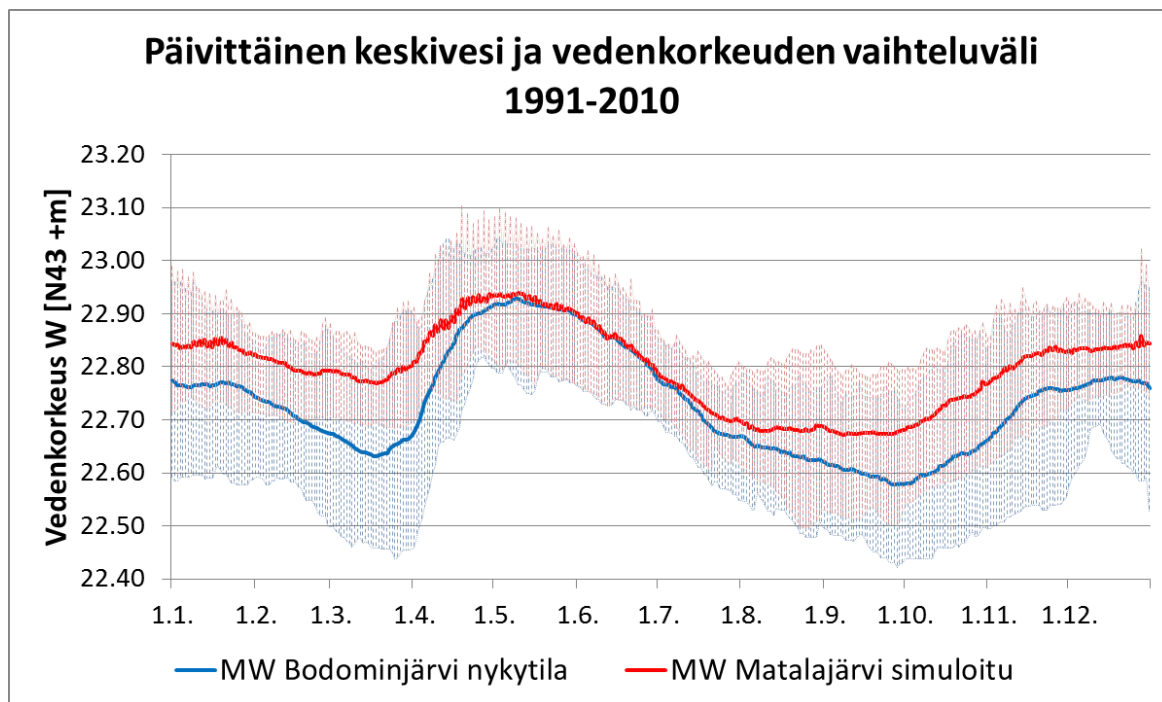
Kuva 8.3. Matalajärven simuloitua ja havaitua vedenkorkeutta, sekä Bodominjärven havaitua vedenkorkeutta vuonna 2010.

Matalajärven vedenkorkeuden simuloitua tunnuslukuja on esitetty taulukossa 8.1.

Taulukko 8.1 Matalajärven simuloitua tunnusluvut (N43 +m).

NW	22.26
MNW	22.55
MW	22.77
MHW	23.02
HW	23.09

Simuloinnin tulos on suuntaa antava, eikä täysin korreloi havaintoihin. Virheet saattavat johtua esimerkiksi vain valuma-alueen ominaisuuksiin ja meteorologisiin havaintoihin perustuvasta nettotulovirtaaman määrittelyn epävarmuudesta. Tulovirtaama ei myöskään huomioi Matalajärven mahdollista lähteisyyttä. Vedenkorkeushavaintoja on tehty vain avovesikaudelta noin kerran viikossa 5cm tarkkuudella Matalajärven padolla olevasta asteikosta. Asteikon tarkasta korkeusasemasta ei ole tietoa. Lisäksi havainnot on tehty silmämääräisesti, mikä saattaa aiheuttaa epätarkkuutta. Matalajärven ja padon välisen uoman vedenjohtavuudesta ei ole tietoa, joten on mahdollista, että Matalajärven vedenpinta poikkeaa padolla olevasta vedenkorkeudesta. Kuvassa 8.4 on koko havaintojaksolle 1991-2010 määritetty Matalajärven simuloitu keskivedenkorkeus, Bodominjärven havaittu keskivedenkorkeus sekä vedenkorkeuden vaihteluväli.

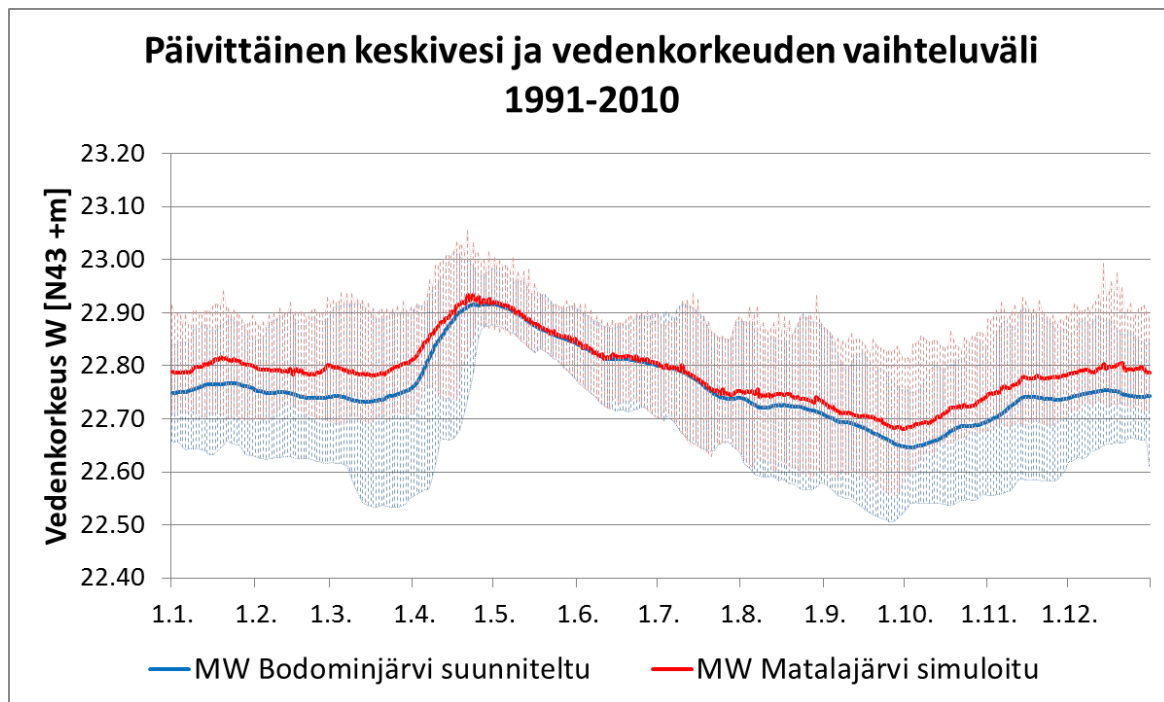


Kuva 8.4. Bodominjärven havaitut ja Matalajärven simuloitut keskivedenkorkeudet (N43 +m) havaintojaksolle 1991-2010 sekä vedenkorkeuden vaihteluväli (vuodet 02-03 huomioimatta).

Simulointitulosten mukaan Matalajärven vedenkorkeus pysyttelee valtaosan vuodesta hieman Bodominjärven pintaa ylempänä. Kevättulvan jälkeen vedenpinta on samassa tasossa Bodominjärven vedenpinnan kanssa, kunnes Bodominjärven vedenpinta laskee alle Matalajärven pohjapadon tason. Pohjapato estää Matalajärven vedenpintaa laskemasta loppukesällä Bodominjärven tasolle.

8.1.2 Matalajärven vedenkorkeus Bodominjärven säännöstelyn muuttaminen huomioiden

Mikäli Bodominjärven muutoshanke toteutettaisiin ehdotetun mukaisesti, olisi sillä vaikutuksia myös Matalajärvelle. Kuvassa 8.5 on Matalajärven ja Bodominjärven simuloitut vedenkorkeudet suunnitellun tilan mukaisesti.

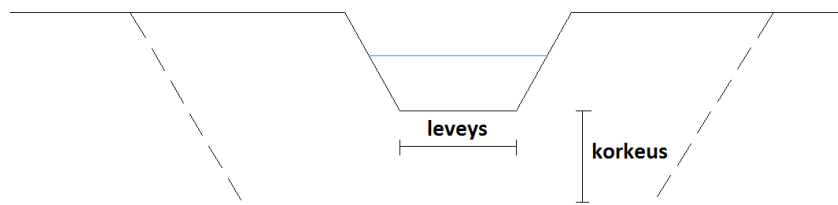


Kuva 8.5. Bodominjärven ja Matalajärven simuloidut mediaanivedenkorkeudet (N43 +m) havaintojaksolle 1991-2010 sekä vedenkorkeuden vaihteluväli (vuodet 02-03 huomioimatta).

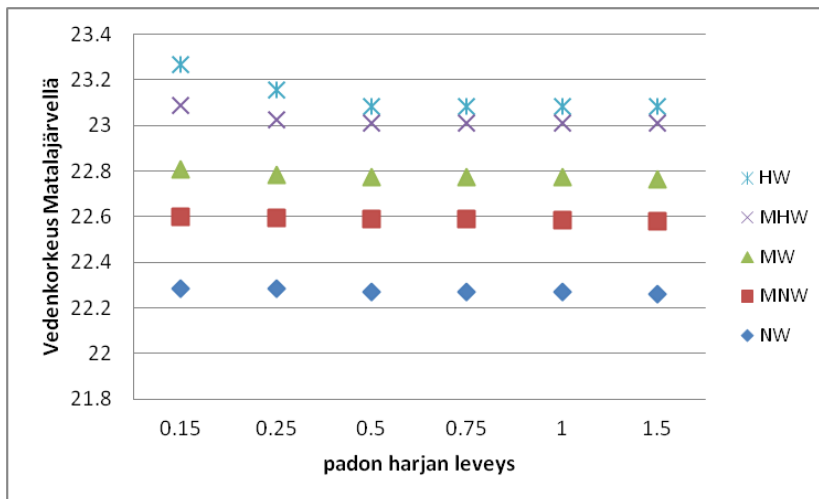
Matalajärven keskivedenkorkeus nousee 1 cm, mutta erityisesti ravinteita sitovan kevättulvan kesto lyhenee Bodominjärven kevään ylivedenkorkeuden pudotessa suunnitellussa tilassa nykytilaa nopeammin. Pohjapadon merkitys pienenee, sillä Bodominjärven vedenkorkeudet erityisesti loppukesällä ovat kyseisellä havaintojaksolla suunnitellussa tilassa nykytilaa korkeammalla.

8.2 Padon mitoituksen vaikutus Matalajärven vedenkorkeuteen

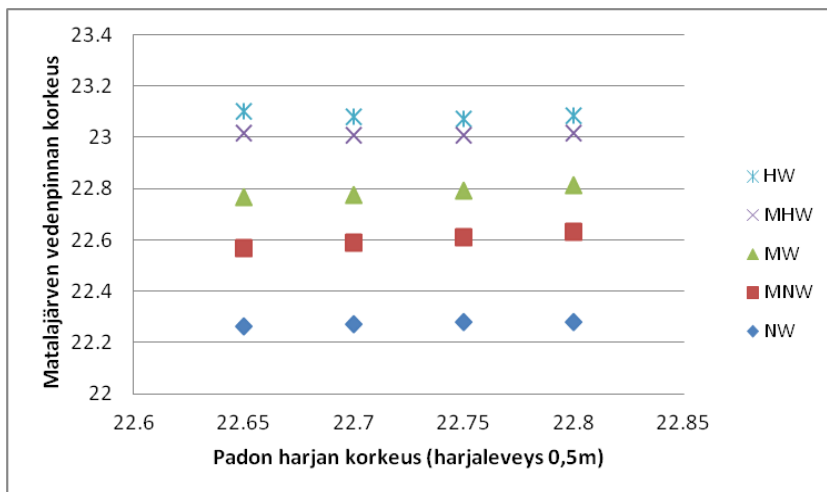
Ennen Bodominjärven säännöstelyn alkamista Matalajärven laskupuro on ollut meandroiva ja luonnonmukainen puro, jonka kautta kevättulva on hiljalleen laskenut. Nykyinen suora kanavamainen uoma pudottaa Matalajärven vedenpinnan hyvin nopeasti Bodominjärven vedenpinnan tasolle. Kuvissa 8.7-8.9 on vertailtu padon leveyden ja korkeuden vaikutusta Matalajärven vedenkorkeuden tunnuslukuihin. Mitoitetun padon pohja on tasainen ja reunat nousevat 30 asteen kulmassa maanpintaan (8.6).



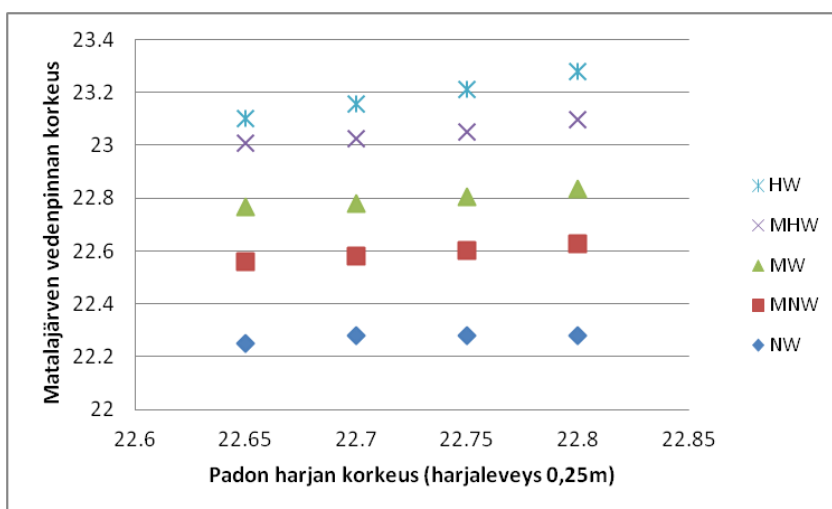
Kuva 8.6. Matalajärven pohjapadon profiilin kaaviokuva.



Kuva 8.7. Padon leveyden vaikutus vedenkorkeuden tunnuslukuihin (korko N43 +22,70m)



Kuva 8.8. Padon harjan korkeuden vaikutus vedenkorkeuden tunnuslukuihin (lev.0,5m).



Kuva 8.9. Padon harjan korkeuden vaikutus vedenkorkeuden tunnuslukuihin (lev. 0,25m)

Padon harjan leveys vaikuttaa tulvakorkeuksiin padon ollessa hyvin kapea. Muihin tunnuslukuihin leveydellä ei ole vaikutusta. Matalajärven padon korkeutta muuttamalla voidaan käytännössä vaikuttaa vain järven alimpiin vedenkorkeuksiin. Liian korkea pato kuitenkin estää eliöstön liikkumisen järvien välillä.

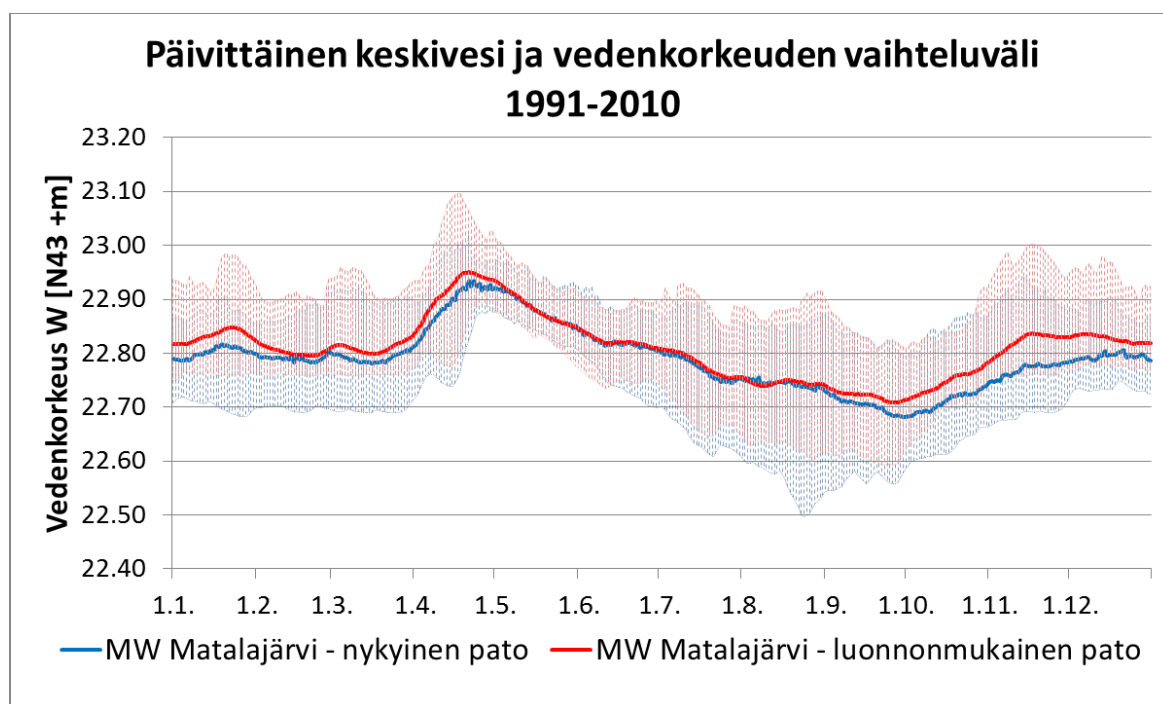
8.3 Vedenpinnan noston vaikutukset

Taulukossa 8.2 on kuvattu Matalajärven nykyisen padon korotuksen vaikutuksia Matalajärven pinta-alaan A ja vesitilavuuteen V keskivedellä MW, keskialivedellä MNW ja keskiylivedellä MHW.

Taulukko 8.2. Padon korotuksen vaikutus Matalajärven avoveden pinta-alaan A ja tilavuuteen V eri vesitilanteissa.

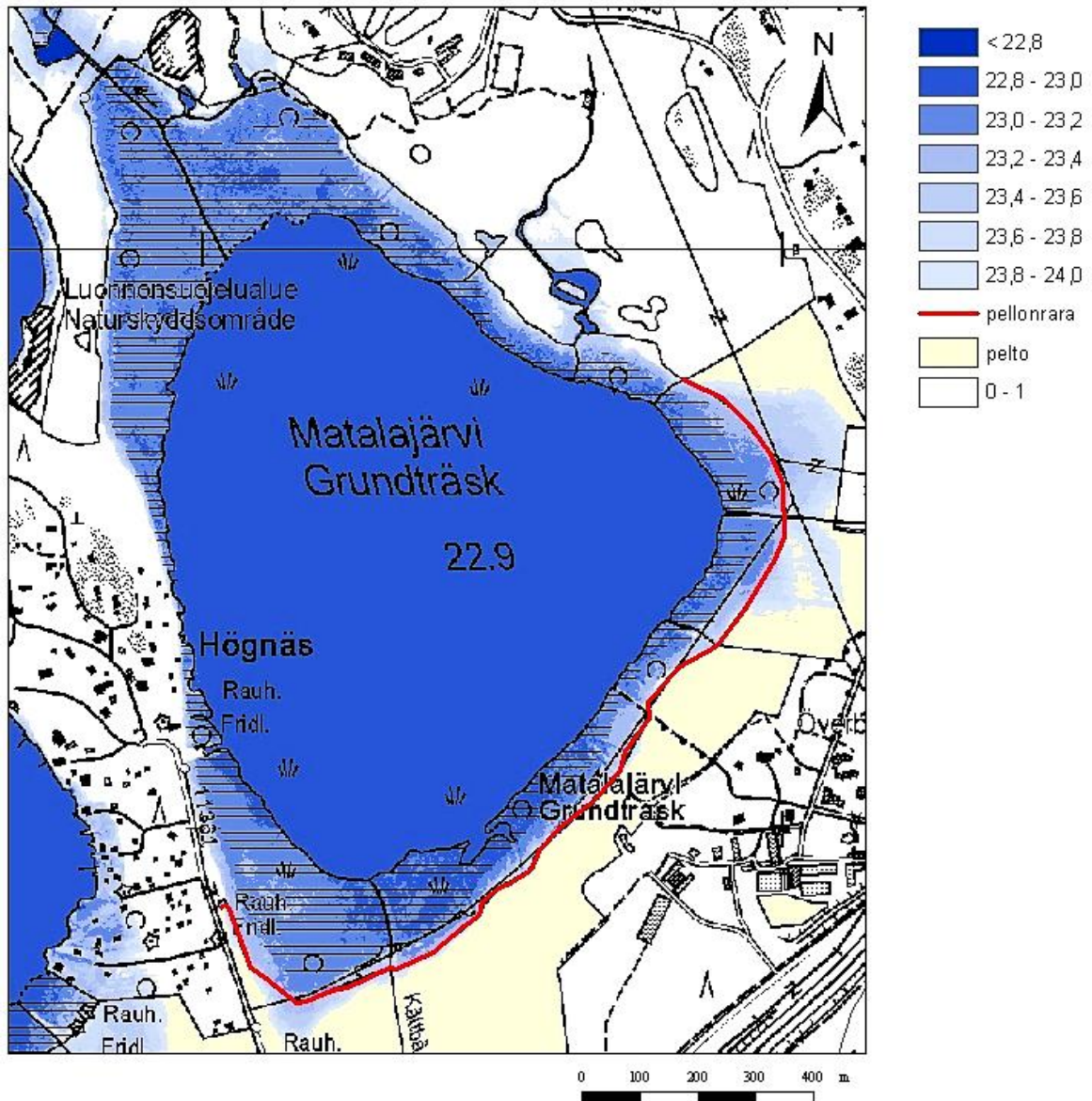
		5cm	10cm	15cm
MNW	A (ha)	0.37	1.08	1.85
	V (%)	0.9	3	4
MW	A (ha)	0.22	0.96	1.92
	V (%)	0.4	2	4
MHW	A (ha)	0.76	1.66	3.07
	V (%)	1	3	6

Kymmenellä senttimetrillä korotettu luonnonmukainen pohjapato, jonka pohjan leveys olisi 0,25 m ja korkeus N43 +22,75m muuttaisi Matalajärven keskivedenkorkeutta kuvan 8.10 mukaisesti. Molemmissa tilanteissa alavedenkorkeuksien vaikutuksessa on käytetty Bodominjärvelle suunnitellun tilanteen mukaisesti simuloituja vedenkorkeuksia.



Kuva 8.10. Matalajärven simuloitut keskivedenkorkeudet (N43 +m) nykyisellä ja korotetulla padolla havaintojaksolle 1991-2010 sekä vedenkorkeuden vaihteluväli (vuodet 02-03 huomioimatta).

Tulvavesien nousu saattaisi aiheuttaa vettymisvahinkoja kuvassa 8.11 sinisellä alueella. Vedenkorkeuden ollessa yli N43 +23,0 m on vedenkorkeuden havaittu aiheuttavan häiriöitä golfkentän salaojien toiminnassa (Nieminen 2011).



Kuva 8.11. Matalajärven korkeussuhteet, korkeusjärjestelmä N43. Luvat: Maanmittauslaitos lupa nro 7/MML/11, Affecto Finland Oy, Karttakeskus, Lupa L4659.

Bodominjärven säännöstelyn yhteydessä tehty Matalajärven ja Bodominjärven välisen uoman muokkaus tekevät Matalajärven tilan parantamisesta haasteellista. Käytännössä mahdollisuudet Matalajärven vedenpintojen nostamiseen ovat pienet, sillä vedenkorkeus on hyvin riippuvainen Bodominjärven vedenkorkeuden tasosta.

9 Tulosten tarkastelu

9.1 Hydrologiset tarkastelujen arviointi

Bodominjärven osalta tutkimuksen hydrologisten vaikutusten arviointi perustui Bodominjärven vedenkorkeushavaintojen sekä purkautumiskäyrän avulla määritettyihin nettotulovirtaama-aikasarjoihin. Bodominjärven virtaamien vuosikymmenkeskiarvojen havaittiin kasvaneen huomattavasti ennen säännöstelyä vallinneesta ajasta. Ennen säännöstelyä määritetty järven keskivirtaama on ollut $0,29 \text{ m}^3/\text{s}$, kun koko tarkastelujaksolla 1973-2010 keskimääräinen virtaama oli $0,40 \text{ m}^3/\text{s}$ ja tarkasteltaessa vain 2000-lukua $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$. Osittain muutosta saattaa selittää 1940-luvun kuivuus, sillä erityisesti vuosi 1941 on ollut koko Suomessa historiallisestikin hyvin kuiva (Korhonen 2007). Merkittäviä muutoksia vuositason virtaamisissa ei Suomessa kuitenkaan ole havaittu, vaikkakin talvien ja kesäkauden virtaamat ovat hie-
man Etelä-Suomessa nousseet (Wilson ym. 2010).

Vuosikymmenellä on kaksi peräkkäistä leutoa ja märkää talvea 2007-2008, jolloin useilla havaintopai-
koilla on havaittu selkeästi keskiarvosta poikkeavan korkeita vedenkorkeuksia kyseisinä syksyinä ja talvina (Veijalainen ym. 2009). Kohonneille virtaamille löytyy tukea myös vertailtaessa virtaamien ajan-
kohtaa Espoonjoen havaintuihin virtaamiin, sillä sekä vuoden 2007 että 2008 marras-joulukuun virtaa-
mat ovat havaintoasemalla tavanomaista suuremmat. Espoonjoelta on kuitenkin niukasti havaintoja
kattavan vertailun tekemiseen, sillä mittaukset on aloitettu vasta vuonna 1995 ja havaintokausissa on
aika-ajoin pitkiä katkoksia. Toisaalta vuosikymmenelle sijoittuvat myös kaksi erittäin kuivaa vuotta 2002-
2003, mikä ei kuitenkaan tunnu tasapainottavan vuosikymmenen laskennallista nettotulovirtaamaa.
Jakso ei myöskään erotu merkittävästi esimerkiksi tarkasteltaessa nettotulovirtaaman pysyvyysskäyriä
(kuva 4.5), kun taas korkeiden virtaamien osuuden voidaan havaita selkeästi nousseen.

Verrattaessa Bodominjärven havainnoista laskettuja nettotulovirtaamia Vihdin Palojärvenkosken vertai-
luvesistötarkastelussa saatuihin arvoihin, on tuloksissa selkeä ero (taulukko 4.1 ja kuva 4.6). Vertailu-
vesistöllä laskettu 70-90-luvun tulovirtaama peilaa melko hyvin havainnoilla laskettua tulovirtaamaa
huomioiden valuma-alueiden erot sekä vertailukohteen etäisyyden aiheuttama vaikutus. Tarkastelussa
1970-luvun havaintojen tulovirtaama on hieman keskiarvoa pienempi. Jaksolla on kaksi kuivaa vuotta
peräkkäin, jolloin sateesta keskimääräistä suurempi osa on todennäköisesti päätynyt pohjaveteen poh-
javedenpinnan ollessa alhaalla ensimmäisen kuivan vuoden jälkeen. Lisäksi havaintojakso on muiden
vuosikymmenten havaintojaksoja lyhyempi, jolloin kahden kuivan vuoden painoarvo on suurempi, mikä
selittää alhaisen tulovirtaaman keskiarvon. Kyseinen ero on havaittavissa myös tarkasteltaessa sa-
danna- ja valunnan suhdetta. Sen sijaan 80- ja 90-luvun tulovirtaama, vuosisadanta ja valuntaprosentti
korreloivat hyvin sekä Bodominjärven havaintojen että vertailuvesistön avulla laskettuna sekä mm. Kor-
hosen (2007) saamien tulosten suhteen.

Myös 2000-luvulla vertailuvesistön avulla lasketut tulovirtaamat ovat edellisten vuosikymmenten kaltai-
sia, mutta Bodominjärven havaintojen avulla tehtyjen tulovirtaamalaskentojen perusteella vuosikymmen
olisi poikkeuksellisen märkä. Vuosikymmenen korkealle nettotulovirtaamalle ei sen sijaan hydrologisista
olosuhteista löydy selittäjää, sillä sadanta on keskimääräisesti pienempää kuin hyvin märällä 1980-
luvulla. Myöskään valuma-alueella ei ole tapahtunut sellaisia merkittäviä muutoksia, jotka selittäisivät
valuntaprosentin suurta kasvua. Tulosten mukaan esimerkiksi vuoden 2008 kokonaissadannasta yli 100
% päätyisi Bodominjärven havaintojen mukaan valunnaksi, mikä ei voi olla mahdollista.

Vuosikymmenen kohonneille virtaamille tai sadannan ja valunnan suhteelle ei tehtyjen tutkimusten pe-
rusteella ole mahdollista löytää yhtä yksiselitteistä syytä. Merkittävää kuitenkin on, että ero kasvaneissa
tulovirtaamahavainnoissa esiintyy käytännössä vuodesta 1999 alkaen, eli lähes heti Bodominjärven
vedenoton lopettamisen jälkeen. Aiempina vuosina merkittävä osa vuosivirtaamasta on päätynyt ve-
denottoon, jolloin pumpattu vesimäärä on määritetty vuorokausitasolla hyvinkin tarkasti. Vanhaan pur-
kautumiskäyrään perustuvat virtaamat sen sijaan voivat todellisuudessa poiketa lasketuista arvoista ja
virtaama-arvoihin saattaa sisältyä systemaattista virhettä (Ferguson ja Znamensky 1981), mikä vaikut-
taa myös laskettuihin tulovirtaamiin ja simuloituihin vedenkorkeuksiin. Virheiden suuruutta on kuitenkin
vaikea arvioida virtausmittausten puuttuessa. On siis mahdollista, etteivät määritetyt purkautumisker-
toimet tai esimerkiksi arvio padon vedenjohtokyvystä eri luukunavaustilanteissa vastaa todellisuutta.
Uomassa voi myös syntyä häviöitä suurilla virtaamilla, jolloin laskettu virtaama on todenmukaista vir-
taamaa suurempi. Lisäksi erot suunnitellun ja toteutuksen välisessä mitoituksessa tai eri korkeusjärjes-
telmien käyttö saattaa aiheuttaa pieniä muutoksia todellisiin virtaamiin, ja purkautumiskäyrältä laskettu
virtaama on todenmukaista suurempi. Mahdollisesti myös padon tarkka säätö on saattanut jäädä pie-
nemälle huomiolle, kun säännöstelyn alkuperäinen tarkoitus on poistunut.

Myös Bodominjärven simulointimallin yksinkertainen rakenne saattaa aiheuttaa tuloksiin pientä epäluotettavuutta. Vedenkorkeudet on määritetty Bodominjärven ja Matalajärven vedenkorkeus-tilavuuskäyrien avulla. Järvien W-V-suhteesta on kuitenkin havaintoja vain metrin välein, jolloin havaintojen välisten alueiden suhde on määritetty interpoloimalla. Erityisesti Matalajärven vesitilavuus pienee umpeenkasvun myötä jatkuvasti, mikä myös vaikuttaa käyrän luotettavuuteen. Lisäksi kaikki Bodominjärven ja Matalajärven välillä virtaava vesi on huomioitu vain Bodominjärven nettotulovirtaamassa. Bodominjärven ja Matalajärven vedenpintojen oletetaan olevan samassa tasossa Bodominjärven vedenpinnan ollessa Matalajärven pohjapadon harjan yläpuolella. Todellisuudessa erityisesti korkeilla vedenkorkeuksilla Matalajärven padon rummut saattavat padottaa. Vedenkorkeuseroja saattaa syntyä myös Matalajärven padon ja järven välillä uoman vedenjohtokyvystä riippuen. Matalajärven tilavuus suhteessa Bodominjärven varastotilavuuteen on kuitenkin pieni, joten merkittävää vaikutusta Bodominjärven vedenkorkeuksia arvioitaessa ei Matalajärvelle tehdyistä olettamuksista synny. Huomioimatta on jätetty myös se, että simuloituissa tilanteissa esimerkiksi järvihaihdunta kohdistuu erikokoiseen pintalaan, mikäli järven vedenkorkeus on simuloinneissa havaittua tilannetta suurempi. Tulovirtaaman pohjalta tehdyt tarkastelut ovat joka tapauksessa aina epävarmoja, sillä tulovirtaamasta tiedetään vain sen toteutunut historia. Historiallisista havainnoista voitaisiin estimoida tilastollisia suureita, mutta niidenkin muuttumattomuus on epävarmaa, sillä esimerkiksi ilmastomuutos tai valuma-alueella tapahtuneet muutokset vaikuttavat tilastollisen käsittelyn tuloksiin (Sæthun ym. 1998).

Matalajärven hydrologiset tarkastelut tehtiin Syken vesistömallijärjestelmän simuloitujen nettotulovirtaamien avulla. Mallia ei ole kalibroitu Matalajärven vedenkorkeushavaintoihin, eikä se huomioi esim. Matalajärven mahdollista lähteisyyttä. Myös Matalajärven vedenkorkeustarkasteluissa käytetty WAV-käyrä saattaa aiheuttaa vaikuttaa laskentaan.

9.2 Patosuunnitelmien arviointi

Simuloituihin tuloksiin sekä vaikutusten arviointeihin vaikuttavat myös patorakenteiden mitoitukset ja siinä tehdyt oletukset ja parametrivalinnat. Bodominjärven padon mitoituksen lähtökohtaisena oletuksena oli, ettei padon alapuolinen vesi padota, jolloin aliveden vaikutusta purkautumiseen ei tarvitse huomioida. Virtausmallilla arvioitiin lasku-uoman vedenjohtokykyä sekä padon toimintaa eri virtaamatilanteissa, eikä padotusta valitussa sijoituspaikassa tulosten mukaan syntynyt. Koko lasku-uomalle määritettiin sama Manningin kerroin, sillä pato on rakentamisen yhteydessä ruopattu ja melko kanavamainen. Uoman pohjan profiilin mittauksissa pohjassa havaittiin olevan paikoin mm. kaatunutta puuainesta ym. virtausvastusta aiheuttavia tekijöitä, joiden vaikutusta virtausvastukseen on vaikea arvioida ilman virtausmittauksia. Mallia ei voitu myöskään kalibroida, joten tulokset ovat vain suuntaa-antavia. Lisäksi malli on tehty vain luusuan ja joen ylittävän tien väliselle alueelle, eikä esimerkiksi alajuoksun aiheuttama mahdollista padotusta ole huomioitu.

Padon harjan ja purkautumisen mitoituksessa käytettiin ylisyöksypadon purkautumiskaavoja. Padon harja tehdään betonivaluna, jolloin rakenteen tiivyydestä päästään varmuuteen, ja padon läpi suotautuva vesi voidaan jättää huomioimatta. Luonnonmukaisten pohjapatojen ja kivikynnysten mitoitukseen käytettävistä purkautumiskertoimista on vähän tutkimusta, eikä varsinkaan toteutuneista hankkeista tehtyjä mittauksia löytynyt. Mitoitukseen käytettiin tavanomaisia leveäharjaisen padon purkautumiskertoimia, joiden käytettävyyttä sisältää kuitenkin epävarmuuksia. Padon alapuolisen luiskan muotoilu ja kynnyksen mitoitukset määritettiin niin, etteivät virtausnopeudet tai liiallinen turbulenttisuus kynnyksen välisissä altaissa aiheuta ongelmia kalanousulle. Kynnyksiä ei voitu mallintaa virtausmallin totuudenmukaisesti, vaan niiden mitoitukset perustuu DVWK:n (1999) antamiin ohjeistuksiin. Esimerkiksi 1992 rakennettu Mühlenhagenin tekokoski Goldbachissa, Saksassa, vastaa sekä virtaamiltaan että alkuperäiseltä pudotuskorkeudeltaan Bodomin lähtökohtaisia olosuhteita (DVWK ym. 1999). Mühlenhagenissa korkeusero on voitettu 38 m pitkällä kaltevuudeltaan 1:20 laskulla ja virtausolosuhteiden parantamiseksi luiska on muotoiltu kivikynnyksillä. Yleensäkin padot, joiden kaltevuus on noin 5 % ovat yleisesti käytettyjä, ja todettu eliöstölle läpikulkukelpoisiksi (Acharya ym. 2000).

Settipadon käytölle ei tehty varsinaista ohjetta, mutta kevättulvan ehkäisemiseksi määriteltiin lumen vesiarvoon perustuvat tavoitevedenkorkeudet, jotka perustuivat toteutuneisiin lumensulannasta syntyneisiin tulovirtaamajaksoihin. Näin ollen kyseiset tavoitekorkeudet antavat vain suuntaa lähtövedentasoista, joilla kevättulva olisi voitu estää havaintojakson vuosina. Varsinaisissa simuloinneissa juoksu on määritetty ajatellen, ettei säännöstelijällä olisi ollut muita ennusteita tulovirtaamasta kuin kyseisen hetken lumen vesiarvo, jonka perusteella hän pyrki saavuttamaan asetetun tavoitevedenkorkeuden. Lisäksi settipadon käyttöä pyrittiin ohjaamaan niin, että tarvittava settien säätö olisi mahdollisimman vähäistä. Kyseisellä menetelmällä säännöstely onnistui kevättulvan osalta kaikkina vuosina hyvin, min-

kä vuoksi kyseisiä tavoitekorkeuksia voitaisiin käyttää pohjana myös mahdollisen tulevan säännöstelyohjeen laadinnassa. Vastaavanlainen säännöstelyohje on esimerkiksi Tuusulanjärvellä (Suhonen ja Rantakokko 2006). Tosin Tuusulanjärvellä lumen vesiarvon rajat on sidottu päivämääriin, kun taas päivämääräkohtaisista säännöstelyrajoista on Bodominjärvellä kuitenkin tarkoitus säännöstelyn joustavuuden vuoksi luopua.

Ainoastaan lumen vesiarvoon perustuva ylivirtaaman ennuste on kuitenkin vain suuntaa antava, sillä lumen sulamiseen vaikuttavat olennaisesti muun muassa sulamisajan lämpötila ja sadanta. Lisäksi virtaaman syntyyn vaikuttaa mm. vallitseva pohjaveden taso. Tutkittaessa Bodominjärven lumen vesiarvoista syntynyttä sulamisajan tulovirtaamaa oli hajonta erityisesti korkeammilla lumen vesiarvoilla suuri ja korrelaatio vain 0,37. Kuitenkin esimerkiksi lievästi säännöstelyllä Vantaanjoella lumen vesiarvon maksimi ja tulvahuipun välinen suhde oli Korhosen tutkimuksissa (2007) selkeä korrelaation ollessa 0,82.

Tutkimusten (esim. Sælthun ym. 1998, Ruosteenoja ja Jylhä 2007) mukaan ilmastonmuutoksen johdosta talvivirtaamat tulevat tulevaisuudessa kasvamaan ja lumen sulannasta johtuvat kevätylivirtaamat pienenemään. Lisäksi on ennustettu pitkien kuivien jaksojen yleistymistä. Marttusen ym. (2004) mukaan säännöstelyn kannalta järviin on tarvetta jättää enemmän tilaa loppusyksystä. Lisäksi järvi on saatava mahdollisimman täyteen keväällä, mikäli kesäkausiin haihdunta lisääntyy, mikä asettaa haasteita säännöstelijälle. Poikkeuksellisen kuivat ja märät olosuhteet voivat yleistyä, mikä edellyttää riittäviä säännöstelymahdollisuuksia myös poikkeuksellisia olosuhteita silmälläpitäen. Tässä työssä ei tarkasteltu ilmastonmuutoksen vaikutuksia Bodominjärven säännöstelyyn, vaan tutkimus rajattiin toteutuneiden vesiolosuhteiden perusteella. Kuitenkin havaintojaksolla oli muutama hyvin kuiva jakso, sekä myös sateisia talvia. Kyseisinä jaksoina säännöstely onnistuttiin kuitenkin hoitamaan suunnitellulla padolla ja myös varaa vedenkorkeuksien nostamiseen kosteina aikoina olisi ollut. Pitkinä kuivina kausina järven vedenkorkeuden hallitsemiseksi ei kuitenkaan ole paljon tehtävissä, mikäli tulovirtaama on vähäistä ja haihdunta suurta.

9.3 Vaikutusten arviointi

Simuloiduissa tuloksissa tulee huomioida sekä tulovirtaaman että juoksutuksen määrittämiseen liittyvät oletukset ja mahdolliset virhelähteet, joita on käsitelty edellä. Vertailtaessa Bodominjärven havaittuja ja uuden tilanteen mukaisesti simuloituja vedenkorkeuden ja virtaaman pysyvyyksiä (kuvat 6.4 ja 6.5) sekä päivittäisten havaintojen keskimääräisiä arvoja (kuvat 6.1 ja 6.2), käy ilmi merkittävä ristiriitaisuus. Tulosten mukaan vedenkorkeudet järvellä esimerkiksi kesäkauden loppua kohden ovat korkeammat suunnitellussa tilassa, vaikka kyseisen ajanjakson virtaamat ovat suurempia vedenkorkeuden lähtötason ollessa kuitenkin käytännössä kevättulvan jälkeen sama. Tulokset saattavat sinällään antaa hieman harhaisen kuvan, sillä suunnittelussa tilanteessa vedenottoa ei ole oletettu olevan, vaan kaikki virtaama on ollut juoksutettavissa Glomsinjokeen. Tilanne muuttuu hieman vertailtaessa vain vedenoton jälkeisen ajanjakson tuloksia. Myös kyseillä jaksolla nykyinen pato on ollut suljettuna pitkiä jaksoja, jolloin virtaama alapuoliseen uomaan on vain alivirtaamaputken varassa, kun suunnitellussa tilanteessa vettä purkautuu myös kynnyksen kautta. Tällöin suunnitellun tilanteen vedenpinta laskee nykytilannetta nopeammin, mutta ei kuitenkaan saavuta virkistyskäytön kannalta haitallisia vedenkorkeuksia.

Bodominjärven vedenkorkeuden muutosten aiheuttamia vaikutuksia vettymisvahinkoihin arvioitiin yleisellä tasolla, eikä kiinteistökohtaista arviointia tehty. Vedenkorkeuden raja-arvot määritettiin korkeusaineiston ja maastokatselmuksen aikana tehtyjen havaintojen perusteella, eikä ranta-alueiden korkoja tarkastettu maastomittauksin. Kuitenkin esimerkiksi talven 2011 tulvien aikaan, jolloin vesi nousi tasolle N43 +23,16m ei vahinkoja vielä tapahtunut, joten tarkastelussa asetettuja rajoja voidaan pitää melko hyvinä ja vedennousun maksimaalisina raja-arvoina. Virkistyskäytön tarkastelussa on huomioitu vain merkittävin virkistyskäyttöaika juhannuksesta elokuun puoliväliin, vaikkakin virkistyskäyttöä on järvellä toki ympäri vuoden. Lisäksi yksittäisen kiinteistönomistajan mielipide optimaalisesta vedenkorkeudesta voi vaihdella, riippuen mm. kiinteistön sijainnista ja rannan muodoista. Viljelysmaiden vettymishaittojen tarkastelussa tulokset riippuvat myös esimerkiksi viljellyistä lajikkeista, joista ei ole tietoa. Lisäksi korkeusmallin ja simulointitulosten alkuperäinen korkeusaineisto on eri järjestelmässä, mikä saattaa aiheuttaa virheitä. Huomioitavaa kuitenkin on, etteivät kasvukauden vedenkorkeudet tai vuosittaiset ylivedet muutu. Vuosikymmenten aikana peltoalueet ovat todennäköisesti rajautuneet järven nykyisten vedenkorkeuksien asettamien rajoitteiden mukaisesti, ja mahdolliset ongelmalliset alueet ovat jo viljelijöiden tarkassa tiedossa, paremmin kuin tämän työn puitteissa oli mahdollista selvittää. Näin ollen uusilla alueille vahinkoja tuskin tapahtuu.

Järviluonnon kannalta ei säännöstelyn muuttamisella suunnitelman mukaisesti ole Bodominjärvellä merkittäviä muutoksia verrattuna esimerkiksi suurien säännöstelyjärvien kehittämisselvityksissä saatuihin tuloksiin (Marttunen ym. 2004, Keto ym. 2008b). Vedenkorkeusanalyysi tehtiin vain kolmelle muuttujalle, eikä tuloksissa otettu huomioon vedenväriä tai järven jäätymis- ja jäänlähtöpäiviä, jotka ovat alkuperäisen REGCEL-laskenatamallissa mukana. Bodominjärven säännöstelyn nykytilassa ja suunnitellussa tilassa järven talvialenema on hyvin pieni verrattuna suomen säännösteltyjen järvien keskiarvoon, joka on 1,0 m (Keto ym. 2008a). Kyseisellä mittarilla Bodominjärven vedenpinnat alenevat talvella jopa vähemmän kuin säännöstelemättömissä järvissä, joissa talvialenema on keskimäärin 0,28 m. Kevättulvan leikkautuminen on kuitenkin selkeästi molemmissa tapauksissa Suomen säännösteltyjen järvien kaltainen, jossa kevättulvan keskimääräinen suuruus on 0,24 m, kun säännöstelemättömissä järvissä kevättulva on keskimäärin 0,56 m. (Keto ym. 2008a) Kuitenkin huomioidessa Bodominjärven valuma-alueen järvisyys (17 %), on Bodominjärvellä Kedon ym. (2008a) määritelmän mukaan hyvä hydrologinen tila sekä nyky- että suunnitellussa tilassa.

Eliöstön kannalta merkittävimmät muutokset säännöstelyn ja nykytilan välillä aiheutuvat tulosten mukaan menovirtaaman muutoksista Bodominjärven alapuoliseen vesistöön. Huolimatta säätömahdollisuuksista ja teknisistä osista, joita ehdotetun mukaisessa patoratkaisussakin on, Bodominjärven suunnitellut menovirtaamat palautuvat huomattavasti luonnonmukaisempaan rytmiin. Tulokset virtaamamuutoksissa ovat samansuuntaisia, kun verrataan säännösteltyjä ja luonnonmukaisia jokiuomia (mm. Lajoie ym. 2007). Myös Renöfält ym. (2009) suosittelemat toimenpiteet Ruotsin säännösteltyjen jokien ekologisen tilan parantamiseksi ovat samansuuntaisia kuin Bodominjärven tilassa tapahtuvat muutokset suunnittelun johdosta. Näitä ovat erityisesti luonnonmukaisen virtaamanvaihtelun lisääminen sekä virtaaman voimakkuuden että ajoituksen mukaan ja korkeammat minimivirtaamat. Myös Poff ym. (1997) esittelevät useita kohteita, joissa jokivesistön ekologista tilaa on pyritty parantamaan jäljittelemällä luonnonmukaista vuosirytmää sekä alivirtaamia kasvattamalla. Maksimivirtaamien lisäämiseen ei kuitenkaan ole Bodominjärvellä mahdollisuuksia virtaamalle asetetun ylärajan vuoksi, vaikka mm. Richter ym. (1997) ovat tätä suositelleet. Richter ym. (1997) mukaan uoman minimivirtaaman tulisi olla vähintään 10 % vuosittaisesta keskivirtaamasta, jotta suurin osa eliöstöstä selviytyy. Kyseinen tavoite toteutuu suunnitellussa tilanteessa paremmin kuin nykytilassa, vaikka jatkossakin tulee jaksoja, jolloin virtaama alle kyseisen rajan. Eliöstön kannalta vesivaraston alentamista juoksuttamalla tulisi tehdä vain luonnollisesti korkean virtaaman aikaan (Renöfält ym. 2009). Bodominjärvellä juoksutusta joudutaan kuitenkin jatkossakin tekemään kevättulvien ehkäisemiseksi erityisesti runsaslumisina talvina.

Bodominjärven suunnitelmien myötä taimenen elinmahdollisuudet paranevat huomattavasti ja pato on virtaamien perusteella kaloille läpikulkukelpoinen ainakin syksyllä merkittävimmän kutuvaelluksen aikaan ja myös keväällä virtaamat ovat suurempia nykytilaan verrattuna. Jatkossakin padon kautta virtaa todennäköisesti ajoittain liian vähän vettä. Harjula ym. (2003) mukaan esimerkiksi luonnonmukaiset kalatiet on saatu tarvittaessa toimimaan kalan nousun kannalta varsin vähäisilläkin virtaamilla. Virtaaman lisäksi eliöstön kulkeutumiseen vaikuttaa kuitenkin myös moni muu tekijä, mitä ei tässä työssä ole tutkittu. Esimerkiksi kalojen vaatima hapen kyllästysaste vedessä tulisi olla vähintään 80 % (Hendry ym. 2003). Järven alivirtaamaputken kautta poistetaan Bodominjärven vähähappista alusvettä, mikä vaikuttaa myös menovirtaaman happipitoisuuteen erityisesti alivirtaamakausina. Vesi todennäköisesti hapettuu purossa, muttei välttämättä ole taimenien kannalta riittävää. Kulkuyhteyden avaaminen merestä nouseville taimenille vaatisi myös joen alempien esteiden poistamista ja kunnostamista, esimerkiksi Lommilan Myllykoski olisi kunnostettava nousuesteen poistamiseksi (Janatuinen 2009). Lisäksi mm. rumpujen läpikuljettavuus ja kalojen potentiaalisten lisääntymispaikkojen vaatimia kunnostustoimenpiteitä tulisi selvittää. Kunnostuksissa on myös otettava huomioon nousuesteiden yläpuolella elävät taimenkannat, joita ei tule meritaimenkantojen hyväksi tehtävillä toimenpiteillä vaarantaa (Lempinen 2001).

10 Johtopäätökset

Työn tavoitteena oli selvittää mahdollisuuksia luopua Bodominjärven ja Matalajärven nykymuotoisesta säännöstelystä aiheuttamatta haitallisia vaikutuksia vesistön ja rantojen käytölle, luontoarvoille tai järven alapuoliselle vesistölle. Kyseiset tekijät huomioiden työssä pyrittiin suunnittelemaan luonnonmukaisia vesirakennusmenetelmiä soveltaen korvaava vaihtoehto nykyiselle säännöstelypadolle, jolloin Glomsinjoen ja Bodominjärven välille palautuisi eliöstön vaellusmahdollisuus. Lisäksi työssä selvitettiin erillisenä osiona Matalajärven vedenpinnan nostomahdollisuuksia järven umpeenkasvun hidastamiseksi. Työssä jouduttiin tekemään useita yleistyksiä, eikä kaikkia haluttuja asiahaaroja pystytty toivotulla tarkkuudella määrittämään. Työn tuloksena pystyttiin kuitenkin määrittämään Bodominjärvelle säännöstelyvaihtoehto, jolla nykyisäännöstelyn mukaiset vuosikymmenet pystyttiin hallitsemaan suunnittelulle asetettuja rajoja rikkomatta parantaen myös erityisesti alapuolisen uoman ekologista tilaa sekä taimenen vaellusmahdollisuuksia.

Maastotutkimuksissa tehtyjen havaintojen sekä ohjausryhmän kokouksissa esille tulleiden tavoitteiden vuoksi patosuunnittelussa lähdettiin etsimään ratkaisua, jolla säännöstelyn nykyisiä säännöstelyrajoja vedenkorkeudelle ja virtaamalle ei rikota, eikä vedenkorkeus merkittävämmällä virkistyskäyttökaudella laske. Rajat osoittautuivat padon mitoituksen kannalta erittäin haasteelliseksi, sillä tarkoituksena oli kuitenkin vähentää myös säännöstelijän työmäärää sekä palauttaa kalannousuyhteys. Useista pato- ja säännöstelyvaihtoehdoista soveltuvimmaksi osoittautui ratkaisu, joka koostuu luonnonmukaisesti suunnitellusta pohjakynnyksestä sekä erillisestä settipadosta. Tavanomaisina vuosina pato toimii itsenäisesti ja valtaosan virtaamasta purkautuessa kynnyksen kautta. Settipadon kautta on tarvittaessa mahdollista juoksuttaa lisävirtaamaa sekä ennakoida kevättulvaa erityisesti lumen vesiarvon ollessa suuri. Virkistyskäyttökauden vedenkorkeuksien säilyttämiseksi kynnyksen alivirtaama-aukkoa on mahdollista pienentää elementin avulla. Myös nykyinen Bodominjärven alusvettä poistava alivirtaamaputki päätettiin jättää käyttöön. Putken kautta turvataan myös jatkossa minimivirtaama alapuoliseen vesistöön, mikäli järven vedenpinta laskee padon harjan alapuolelle. Pohjakynnyksen alapuolinen luiska muotoillaan loivana ja vaihtelevana kynnysrakenteena, jolloin eliöstölle syntyy vaihtelevia virtaamaolosuhteita sekä myös suoja- ja lepopaikkoja kynnyksen ylitystä varten.

Suunnitellun padon vaikutuksia järven vedenkorkeuteen ja menovirtaamiin simuloitiin vesitaseeseen perustuvalla laskentamallilla. Tulosten mukaan suunnitellulla patoratkaisulla onnistuttiin hallitsemaan kaikki menneen havaintojakson, vuosien 1973–2010, mukaiset vesitilanteet asetettuja rajoja merkittävästi rikkomatta. Tavanomaiset vesivuosien hallinta onnistui hyvin poistamalla talveksi alivirtaamaelementti sekä ylimmät settipalkit, jolloin talven aikana ei erityisiä toimenpiteitä säännöstelijältä vaadittu. Myös runsaslumisia talvia seuranneet kevättulvat olivat hyvin hallittavissa vedenkorkeudelle määritettyjä tavoitevedenkorkeuksia noudattamalla. Padon vaatimat säädöt vähenivät nykytilasta huomattavasti, mikä helpottaa säännöstelijän tehtävää. Haasteellisimpia tilanteita syntyy, mikäli runsasta tulovirtaamaa ei voida ennakoida juoksuttamalla järven varastotilavuutta lisäten. Kyseinen tilanne voi tapahtua esimerkiksi runsaiden kesäsateiden seurauksena, kuten vuonna 2004, kun järven vedenpintaa on virkistyskäytön kannalta pyritty pitämään mahdollisimman korkealla. Kuitenkin myös kyseinen vuosi olisi suunnitellulla padolla onnistunut. Säännöstely olisi tosin vaatinut kyseisenä aikana vedenkorkeuden ja vesitilanteen seurantaa ja valmiutta settien säätöön.

Tulosten mukaan säännöstelyn muuttaminen ei aiheuta vesistön tai rantojen käytölle haitallisia vaikutuksia, sillä järven vedenkorkeudet eivät merkittävästi muutu. Myöskään järven luonnon ja eliöstön kannalta merkittäviä muutoksia ei tapahdu. Verrattaessa tuloksia suomalaisiin järviin, on Bodominjärvi erityisesti talven vedenpinnan aleneman suuruuden kannalta säännöstelemätöntä järveä vastaava. Merkittävien hyöty järviluonnon kannalta saavutettaisiin, mikäli tulvakorkeuksia voitaisiin järvellä nostaa, mikä ei kuitenkaan ole mahdollista ilman järven rantarakennuksille aiheutuvia tulvavahinkoja. Ekologian kannalta merkittävimmät hyödyt säännöstelyn muuttamisesta saavutetaan järven alapuolisessa vesistössä alivirtaamajaksojen selvästi lyhentyessä ja virtaamanvaihteluiden jäljitellessä luonnonmukaista rytmiä. Suunniteltu Bodominjärven pato mahdollistaa rakenteeltaan taimenen nousemisen Glomsinjoesta Bodominjärveen. Yhteys voi olla poikki kuivimpina kausina, jolloin eliöstön luontainen liikkuminenkin on toisaalta vähäistä. Taimenten merkittävimpanä nousuaikana padossa virtaa kuitenkin lähes kaikkina vuosina riittävästi vettä. Myös keväällä virtaamat laskevat nykytilaa hitaammin, jolloin padon alapuoliset koskialueet ja kuoriutuneen taimenen poikaset eivät jää yhtä todennäköisesti kuiville. Myöskään ylivirtaaman ajoittumisessa tai voimakkuudessa ei tapahdu merkittäviä muutoksia, joilla olisi haitallista vaikutusta alapuoliseen vesistöön tai Espoonjoen virtaamiin. Vertailtaessa nyky- ja suunnitellun mukaista tilaa oli kuitenkin huomioitava, että simuloinneissa suunnitellussa tilassa kaikki vesi johdettiin padosta, kun havaintokaudella osa virtaamasta oli pumpattu vedenottoon. Tällä oli erityisesti vaikutusta loppukehän vedenkorkeuksiin sekä alivirtaamiin.

Työn erillisessä osiossa selvitettiin Matalajärven vedenpinnan nostomahdollisuuksia hydrologisesta näkökulmasta. Tulosten mukaan Matalajärven vedenpinnat ovat hyvin riippuvaisia Bodominjärven vedenpinnoista. Bodominjärven säännöstelyn yhteydessä Bodomin- ja Matalajärven välinen puro on suoritettu ja Matalajärvi toimii myös varastoaltaana Bodominjärven säännöstelylle. Käytännössä Matalajärven vesitilavuudella ei ole suurta merkitystä Bodominjärven säännöstelyyn, mutta luonnonmukaisen tilan palauttaminen järvelle olisi hyvin haasteellista ja edellyttäisi tarkkaa tutkimusta. Nykyistä patoa muuttamalla voitaisiin parantaa eliöstön liikkumista järvien välillä, mutta pohjapadon avulla voidaan lähinnä vaikuttaa Matalajärven alimpiin vedenkorkeuksiin, eikä umpeenkasvun hidastamiseksi toimenpiteellä todennäköisesti olisi suurta merkitystä.

Tutkimus oli monialainen ja käytettyjä menetelmiä paljon, kuten sidosryhmät, maastokatselmuksot ja -mittaukset, simulointi, padon mitoitus, virtausmallinnus sekä vaikutusten arviointi monen eri tekijän suhteen. Monet tutkimustulokset olivat osittain suuntaa-antavia, kun kaikkien tekijöiden syvälinen käsittely ei ollut mahdollista. Kokonaisuuden kannalta keskeisin tekijä suunnittelussa oli patorakenteiden mitoitus ja niiden aiheuttamat vaikutukset vesistön vedenkorkeuksissa ja virtaamisessa. Yleistyksistä ja oletuksista huolimatta on kyseiset tekijät ja niihin liittyvät epävarmuudet kyetty tutkimuksessa määrittämään hyvin, mikä on työn lähtökohtaisten tavoitteiden kannalta tärkeintä. Tällöin vain suuntaa-antava tietokin hankkeen muista vaikutuksista voi joka tapauksessa auttaa ymmärtämään erilaisia vaikutustekijöitä ja helpottaa päätöksentekoa sekä mahdollisten jatkotutkimusten suuntaamista. Merkittävin epävarmuus tuloksissa liittyi erityisesti 2000-luvun tulovirtaamiin, jotka laskelmien mukaan olivat huomattavasti kasvaneet verrattuna aiempiin vuosikymmeniin tai vertailuvesistön avulla määritettyihin arvoihin. Toisaalta myös kyseisen vuosikymmenen säännöstely onnistui suunnitellulla padolla. Vaikkeivät tulokset täysin vastaisi vallinneita olosuhteita, ne antavat kuitenkin hieman varmuutta säännöstelyn toimivuudesta tulevaisuudessa, mikäli ilmastomuutoksesta johtuen on odotettavissa nykyistä kosteampia talvia.

Työssä saatujen tulosten yleistettävyys on hankalaa, sillä jokainen vesistö on ainutlaatuinen mm. valuma-alueen hydrologian sekä vesistön käytön ja tavoitteiden kannalta. Tulokset soveltuvat kuitenkin vastaavanlaisen vesistön säännöstelyn muuttamista koskevien toimenpiteiden ja vaikutusten arviointiin todennäköisesti Etelä-Suomen pienissä vesistöissä. Luonnonmukaisten vesirakennusmenetelmien käytettävyys vesistösäännöstelyssä yleisesti riippuu kohdevesistön säännöstelykäytännöistä sekä mm. vesistön ja rantojen käytöstä ja alapuolisen vesistön ja valuma-alueen ominaisuuksista. Menetelmät soveltuvat erityisesti vesistöihin, joissa säännöstelyn alkupeäinen käyttötarkoitus on menettänyt merkityksensä, eikä rantojen käytölle kohdistu paineita. Monissa kohteissa mahdollisuudet vedenkorkeuden tai virtaamien kasvattamiselle ovat kuitenkin rajallisia. Bodominjärven tapaustutkimus toimiikin hyvänä esimerkkinä, kuinka luonnonmukaisia vesirakenteita voidaan hyödyntää myös kohteissa, joissa mahdollisuudet vedenkorkeuden ja virtaaman vaihtelulle ovat pienet. Yhdistämällä ns. perinteisiä ja luonnonmukaisia vesirakennusmenetelmiä, on mahdollista parantaa sekä luonnon monimuotoisuutta että vähentää säännöstelyn vaatimia käyttötoimenpiteitä kuitenkin kasvattamatta tulvariskejä tai heikentämättä virkistyskäyttömahdollisuuksia.

Työn perusteella hyödyllisiä jatkotutkimuksia olisivat Bodominjärven menovirtaaman mittaukset, jolloin työhön liittyviä epävarmuuksia voitaisiin pienentää. Lyhytkin mittausjakso, joka sisältäisi erilaisia padon aukinaisuustilanteita eri painekorkeuksilla, voisi olla vertailukelpoinen padon purkautumiskäyrältä laskettuihin virtaamiin. Virtausmittaus tukisi myös virtausmallinnuksen tuloksia, jolloin malli voitaisiin kalibroida. Myös toteutuneiden luonnonmukaisten pohjapatohankkeiden seuranta antaisi tärkeää tietoa mm. todellisista purkautumisolosuhteista, mikä auttaisi vastaavien hankkeiden suunnittelussa. Bodominjärven säännöstelyn kannalta myös tilastollisen analyysin teko ja ilmastomuutoskenaarioiden laskenta antaisi paremman arvion säännöstelyn toimivuudesta tulevaisuudessa. Lisäksi hyödyllistä olisi, jos Bodominjärven tulovirtaamien arviointi voitaisiin liittää Suomen ympäristökeskuksen vesistömallijärjestelmään, jolloin ajankohtainen ja päivittäin päivittyvä arvio olisi säännöstelijän käytettävissä päätösten tukena. Taimenkantojen parantamiseksi olisi koko alapuolinen vesistö hyvä kunnostaa kalataloudellisesti ja paikallistaa mahdolliset nousuesteet, kuten Myllykoski ja rummut, ja selvittää mahdollisuuksia niiden poistamiseksi.

Kirjallisuus

3D-system Oy 2011, 3D-Win, 3D-system Oy, Espoo.

Acharya, M., Kells, J.A., Katopodis, C., Hotchkiss, R.H. & Glade, M. 2000, "Some Hydraulic Design Aspects of Nature-Like Fishways ", Building PartnershipsASCE, , July 30, 2000.

Aittoniemi, P., Leivonen, J. & Marttunen, M. 1993, Vesistön säännöstelyn vaikutukset rantojen virkistyskäyttöön, Imatran Voima, Vantaa.

Alasaarela, E., Hellsten, S. & Tikkanen, P. 1989, "Ecological aspects of lake regulation in northern Finland", River basin management - V.Proc.IAWPRC conference, Rovaniemi, 1989, pp. 247-255.

Barkman, J. 2005, Matalajärvi - Grundträsk. Kunnostussuunnitelma, Natura-arviointi. Matalajärven suojeluyhdistys - Grundträsk skyddsförening ry, Espoo.

Barkman, J. 2008, Matalajärven kunnostus 2005–2007. – Suunnitelma ja toteutus. Tulokset ja pohdinta. Espoon ympäristölautakunta, Espoo.

Barkman, J. 2010a, Matalajärven kunnostussuunnitelma 2010-2012. Natura-arviointi. Espoon ympäristölautakunta, Espoo.

Barkman, J. 2010b, Matalajärvi – Grundträsk – Vesikasvillisuuden inventointi 2010. Vertailu vuosiin 1961 ja 1997. Järven tilan muutokset. Espoon ympäristökeskus, Espoo.

Bednarek, A.T. 2001, "Undamming rivers: a review of the ecological impacts of dam removal", Environmental management, vol. 27, no. 6, pp. 803-814.

Black, A.R., Rowan, J.S., Duck, R.W., Bragg, O.M. & Clelland, B.E. 2005, "DHRAM: a method for classifying river flow regime alteration for the EC Water Framework Directive", Aquatic conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, vol. 15, pp. 427-446.

Brunner, G.W. 2010, HEC-RAS River Analysis System User's Manual Version 4.1, US Army Corps of Engineers, Insitute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center (HEC), Davis, CA.

Chow, V.T. 1973, Open-Channel Hydraulics, International edn, McGraw-Hill Book Company.

DVWK, Schaa, W. & Ruotula, J.(suomentanut). 1999, Kalateiden suunnittelu- ja mitoitusohjeet. Suomen ympäristökeskus, Helsinki.

Espoon kaupunkisuunnitteluvirasto 1996, Espoon pohjoisosien yleiskaava, osa I, Yleiskaavamerkinnot ja -määräykset edn, Ympäristöministeriö.

Ferguson, H.L. & Znamesky, V.A. 1981, Methods of computation of the water balance of large lakes and reservoirs. 1, Methodology, UNESCO, Paris.

Hagman, A. 2010, Espoon Bodominjärven kunnostussuunnitelma, Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Helsinki.

Hellsten, S.K. 1997, "Environmental factors related to water level regulation - A comparative study in northern Finland", Boreal Environment Research, vol. 2, no. 4, pp. 345-367.

Hellsten, S. 2000, Environmental factors and aquatic macrophytes in the littoral zone of regulated lakes : causes, consequences and possibilities to alleviate harmful effects, Oulun yliopisto.

Hellsten, S. 2001, "Effects of lake water level regulation on aquatic macrophyte stands in northern Finland and options to predict these impacts under varying conditions", Acta Botanica Fennica, vol. 171, pp. 1-7.

- Hendry, K., Cragg-Hine, D., O'Grady, M., Sambrook, H. & Stephen, A. 2003, "Management of habitat for rehabilitation and enhancement of salmonid stocks", *Fisheries Research*, vol. 62, no. 2, pp. 171-192.
- Hertta 2011, Bodominjärven järvikortti., Ympäristöhallinnon tietojärjestelmä Hertta.
- Janatuinen, A. 2008, Espoon virtavesien sähkökoekalastukset, Espoon ympäristökeskus, Espoo.
- Janatuinen, A. 2009, Espoon virtavesiselvitys 2008. Osa 1: Espoon virtavesi-inventointi. Espoon ympäristökeskus, Espoo.
- Kaasinen, L. & Moilanen, K. 2009, Högnäs Asemakaavan selostus, Espoon kaupunki kaupunkisuunnittelukeskus, Espoo.
- Kaitera, P. 1949, On the melting of snow in springtime and its influence on the discharge maximum in streams and rivers in Finland, Teknillinen korkeakoulu, Helsinki.
- Kamppi, K. 1990, Bodominjärven hajakuormitus selvitys, Espoon kaupungin painatuskeskus, Espoo.
- Kasvio, P. 2008, Espoonjoen suojelusuunnitelma, Espoon ympäristökeskus, Espoo.
- Keto, A., Tarvainen, A., Marttunen, M. & Hellsten, S. 2008a, "Use of the water-level fluctuation analysis tool (Regcel) in hydrological status assessment of Finnish lakes", *Hydrobiologia*, vol. 613, no. 1, pp. 133-142.
- Keto, A., Lähteenmäki, H., Taimisto, P., Hammar, T., Tarvainen, A. & Miettinen, T. 2008b, Selvitys Pohjois-Savon säännöstellyistä järvistä, Suomen ympäristökeskus ja Pohjois-Savon ympäristökeskus, Helsinki.
- Kiinteistötietojärjestelmä 2011, lainhuuto- ja kiinnitysrekisteri, Maanmittauslaitos.
- Kirkkomäki, L. 1982, "Vahingon arvioiminen vesitaloudellisissa hankkeissa" in *Yleinen vesitekniikka RIL / Suomen rakennusinsinöörien liitto*; 141, ed. S. Mustonen, RIL, Hki, pp. 433 s.
- Korhonen, J. 2007, Suomen vesistöjen virtaaman ja vedenkorkeuden vaihtelut, Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Lajoie, F., Assani, A.A., Roy, A.G. & Mesfioui, M. 2007, "Impacts of dams on monthly flow characteristics. The influence of watershed size and seasons", *Journal of Hydrology*, vol. 334, no. 3-4, pp. 423-439.
- Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä 30.12.2004/1299.
- Lakso, E. 2005, "Järven vedenpinnan nosto" in *Järvien kunnostus*, eds. T. Ulvi & E. Lakso, Suomen ympäristökeskus, Helsinki, pp. 227-248.
- Larinier, M. 2002, Fishways - General considerations, BFPP-Connaissance et Gestion du Patrimoine Aquatique, 364 supplément.
- Lempinen, P. 2001, Suomenlahden meritaimenkantojen suojelu- ja käyttösuunnitelma, Maa- ja metsätalousministeriö : Uudenmaan työvoima- ja elinkeinokeskus, kalatalousyksikkö, Helsinki.
- Länsi-Suomen vesioikeus 1965, 158/65 D:No 53/51/1962, Lupapäätös.
- Marttunen, M., Nieminen, H., Keto, A., Suomalainen, M., Tarvainen, A., Moilanen, S. & Järvinen, E.A. 2004, Pirkanmaan keskeisten järvien säännöstelyjen kehittäminen: yhteenveto ja suositukset, Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Mykkänen, J. 2008, Ulkoinen ravinnekuormitus ja pohjasedimentistä vapautuvat ravinteet Espoon Matalajärvessä, Espoon ympäristökeskus, Espoo.

- Nieminen, P. 2011, Sähköpostiviesti - Matalajärven vedenkorkeustiedot, Mastergolf.
- Oinonen, E. 2008, Selvitys Espoon järvien tilasta, Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki.
- Paikkala, S. 1992, Järvi-Espoo. Vesistönimet, luontoa, historiaa ja tulevaisuutta. Espoon kaupunkisuunnitteluvirasto, Espoo.
- Pajula, H. & Järvenpää, L. (toim.). 2007, Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu, Suomen ympäristökeskus.
- Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E. & Stromberg, J.C. 1997, "The Natural Flow Regime", *BioScience*, vol. 47, no. 11, pp. 469-784.
- Renöfält, B.M., Jansson, R. & Nilsson, C. 2009, "Effects of hydropower generation and opportunities for environmental flow management in Swedish riverine ecosystems", *Freshwater Biology*, vol. 55, pp. 49-67.
- Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J. & Braun, D.P. 1996, "A Method for Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems; Un Método para Evaluar Alteraciones Hidrológicas dentro de Ecosistemas", *Conservation Biology*, vol. 10, no. 4, pp. 1163-1174.
- Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Wigington, R. & Braun, D. 1997, "How much water does a river need?", *Freshwater Biology*, vol. 37, no. 1, pp. 231-249.
- RIL 141, Mustonen, S. (ed) 1982, Yleinen vesitekniikka, Rakennusinsinöörien liitto, Helsinki.
- Ruosteenoja, K. & Jylhä, K. 2007, "Temperature and precipitation projections for Finland based on climate models employed in the IPCC 4th assessment report", *Proceeding of the third international conference on climate and water*, Helsinki, 3-6 September 2007, pp. 405.
- Saari, T. & Marttunen, M. 2003, Ranta-asukkaiden ja virkistyskäyttäjien suhtautuminen särvisäänöstelyihin, Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Sæthun, N.R., Aittoniemi, P., Bergström, S., Einarsson, K., Jóhannesson, T., Lindström, G., Ohlsson, P., Thomsen, T., Vehviläinen, B. & Aamodt, K. 1998, Climate change impacts on runoff and hydropower in the Nordic countries, Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- Selin, P. & Hakkari, S. 1982, "The diversity, biomass and production of zooplankton in Lake Inarijärvi", *Hydrobiologia*, vol. 86, no. 1, pp. 55.
- Sinisalmi, T. 1995, Vesivoimalaitosten lyhytaikaissäädön vaikutukset jokirantojen virkistyskäyttöön, Imatran Voima, Vantaa.
- Suhonen, V. & Rantakokko, K. 2006, Vantaanjoen tulvantorjunnan toimintasuunnitelma, Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki.
- Sutela, T., Marttunen, M., Aaltonen, J., Dubrovin, T., Parjanne, A., Riihimäki, J., Linjama, T. & Kärkkäinen, J. 2009, Jänisjoen vesistön säännöstelyn kehittäminen - yhteenveto ja suositukset, Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, Joensuu.
- Sutela, T. & Vehanen, T. 2008, "Effects of water-level regulation on the nearshore fish community in boreal lakes" in *Ecological Effects of Water-Level Fluctuations in Lakes*, eds. K.M. Wantzen, K. Rothhaupt, M. Mörtl, M. Cantonati, L.G. Tóth & P. Fischer, Springer, Netherlands, pp. 13-20.
- Toivonen, H. & Sammalkorpi, I. 2011, Lausunto Dnro SYKE-2011-L-119, Suomen ympäristökeskus, Helsinki.
- Tuononen, E., Vähäyörinki, E. & Österlund, P. 1981, Vedenkorkeusvaihteluiden vaikutus ranta- maiden viljelyyn ja puustoon, Vesihallitus, Helsinki.

- Turpeinen, R. 2009, Bodomin pato-alue/Kunnarlantie, maaperä-, rakennettavuus- ja kairausindeksikartta, Espoon kaupunki, Tekninen keskus, Geotekniikkayksikkö, Espoo.
- Uudenmaan liitto 2006, Uudenmaan maakuntakaava, Kehittämissuositukset, merkinnät ja määräykset, Ympäristöministeriö.
- Vehmaa, P. 2000, Espoon Glimsin- ja Glomsinjoen luontoarvojen selvitys 1999, Espoon ympäristölautakunta, Espoo.
- Vehviläinen, B., Huttunen, M. & Huttunen, I. 2001, "Hydrological forecasting and real time monitoring in Finland: The watershed simulation and forecasting system (WSFS)", International conference on innovation advances and implementation of flood forecasting technology ACTIF, 17.-19.10.2005.
- Veijalainen, N., Dubrovin, T., Marttunen, M. & Vehviläinen, B. 2009, "Climate Change Impacts on Water Resources and Lake Regulation in the Vuoksi Watershed in Finland", Water Resources Management, vol. 24, no. 13, pp. 3437-3459.
- Vesilaki 27.5.2011/587.
- Wilson, D., Hisdal, H. & Lawrence, D. 2010, "Has streamflow changed in the Nordic countries? – Recent trends and comparisons to hydrological projections", Journal of Hydrology, vol. 394, no. 3–4, pp. 334-346.

Julkaisusarjan nimi ja numero Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen julkaisuja 45/2012				
Vastuualue Ympäristö ja luonnonvarat				
Tekijät Niina Kärkäs		Julkaisuaika 5/2012		
		Julkaisija Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus		
		Hankkeen rahoittaja/toimeksiantaja		
Julkaisun nimi Bodominjärven ja Matalajärven säännöstely Säännöstelyn muutosmahdollisuudet				
Tiivistelmä <p> Espoon Bodominjärvi on toiminut raakavedenottolähteenä vuosina 1961–1998, minkä vuoksi järven vedenkorkeutta ja virtaamaa säännöstellään. Myös järveen laskeva puro Matalajärvestä on suoritettu ja ruopattu, ja Matalajärven vedenpinnan laskun estämiseksi on rakennettu pohjapato. Säännöstelyn alkuperäinen käyttötarkoitus on poistunut ja säännöstelypato on säännöstelijälle raskastekoinen ja työläs. Lisäksi pato aiheuttaa eliöstölle, mm. alapuolisessa vesistössä elävälle taimenelle, täydellisen vaellusesteen. </p> <p> Tässä työssä selvitettiin mahdollisuuksia luopua Bodominjärven ja Matalajärven nykymuotoisesta säännöstelystä aiheuttamatta haitallisia vaikutuksia vesistön ja rantojen käytölle, luontoarvoille tai järven alapuoliselle vesistölle. Nykyiselle padolle suunniteltiin vaihtoehto luonnonmukaisia vesirakennusmenetelmiä soveltaen, jotta Glomsinjoen ja Bodominjärven välille palautuisi eliöstön vaellusmahdollisuus. Lisäksi selvitettiin hiljalleen umpeen kasvavan, Natura 2000 -verkostoon kuuluvan, Matalajärven vedenkorkeuden nostomahdollisuuksia järvien välistä pohjapatoa muuttamalla. </p> <p> Työssä simuloitiin erilaisia pato- ja säännöstelyvaihtoehtoja Bodominjärven ja Matalajärven vesitaseisiin perustuvilla simulointimalleilla. Bodominjärven rantojen ja virkistyskäytön sekä alapuolisen vesistön asettamien rajoitusten vuoksi säännöstelystä ei jatkossakaan voida täysin luopua. Nykyinen säännöstelypato on kuitenkin purettavissa, ja sen tilalle voidaan rakentaa pato, joka koostuu luonnonmukaisesta eliöstön vaelluksen mahdollistavasta pohjapadosta sekä erillisestä settipadosta, jonka kautta virtaamaa voidaan jatkossakin lisätä esim. kevättulvan ennakoinniseksi. Lisäksi pohjapadon alivirtaama-aukon kokoa voidaan pienentää elementin avulla kesän virkistyskäyttömahdollisuuksien säilyttämiseksi. Matalajärven pohjapadon korkeutta muuttamalla sen sijaan voidaan vaikuttaa lähinnä järven alivesiin, sillä vedenpinnan ollessa padon yläpuolella Matalajärven vedenkorkeus on riippuvainen Bodominjärven vallitsevista vedenkorkeuksista. </p> <p> Tutkimuksissa Bodominjärvelle suunnitelluilla toimenpiteillä ei havaittu olevan merkittäviä muutoksia vedenkorkeuteen, eikä haitallisia vaikutuksia vesistön ja rantojen käytölle, alueen virkistyskäytölle, järven luonnolle, eliöstölle tai järven alapuoliselle vesistölle. Sen sijaan järven menovirtaama palautuisi joen luonnonmukaista rytmiä mukailevaksi, mikä on hyödyllistä jokieliöstölle. Lisäksi padon luonnonmukaisen muotoilun vuoksi pato on eliöstön kuljettavissa ja mahdollistaa mm. taimenen nousun. Suunnitellun mukainen pato vähentäisi myös säännöstelijän tehtävää, sillä tavan-omaisina vuosina pato toimii lähes itsenäisesti, ja vaatii säännöstelijältä huomattavasti vähemmän toimenpiteitä nykytilaan verrattuna. </p>				
Asiasanat Bodominjärvi, Matalajärvi, Glomsinjoki, vesistösäännöstely, luonnonmukaiset vesirakenteet, pohjapadot, taimen				
ISBN (painettu) -	ISBN (PDF) 978-952-257-527-2	ISSN-L 2242-2846	ISSN (painettu) -	ISSN (verkkojulkaisu) 2242-2854
Kokonaissivumäärä 81		Kieli suomi	Hinta (sis. alv 8%) -	
Julkaisun myynti/jakaja Julkaisu on saatavana vain verkossa: www.doria.fi/ely-keskus				
Julkaisun kustantaja Uudenmaan ELY-keskus				
Painopaikka ja -aika Helsinki, 10.5.2012				

PRESENTATIONSBLAD

Publikationens serie och nummer Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nyland publikationer 45/2012				
Ansvarsområde Miljö och naturresurser				
Författare Niina Kärkäs		Publiceringsdatum 5/2012		
		Utgivare Närings-, trafik- och miljöcentralen i Nyland		
		Projektets finansör/uppdragsgivare		
Publikationens titel Regleringen av Bodom träsk och Grundträsk Möjligheter att göra ändringar i regleringen				
<p>Sammanfattning</p> <p>Bodom träsk i Esbo fungerade som källa för råvattentäkt åren 1961–1998, varför vattennivån och flödet i träsket regleras. Den bäck som mynnar ut i träsket från Grundträsk har också rätats ut och muddrats, och en bottendamm har byggts för att förhindra att vattenståndet i Grundträsk sjunker. Det ursprungliga syftet med regleringen är inte längre aktuellt, och regleringsdammen är svårhanterlig och arbetskrävande för regleraren. Dessutom utgör dammen ett fullständigt vandringshinder för de levande organismerna, bland annat för öringen som lever i vattendragen nedanför.</p> <p>I det här arbetet utredes möjligheterna att avstå från reglering av Bodom träsk och Grundträsk i den nuvarande formen utan att detta får negativa konsekvenser för användningen av vattendragen och stränderna, naturvärdena eller vattendragen nedanför träsket. Ett alternativ till den nuvarande dammen planerades genom tillämpning av naturenliga vattenbyggnadsmetoder, så att de levande organismernas möjlighet att vandra mellan Glomsån och Bodom träsk återställs. Dessutom utredes möjligheterna att höja vattennivån i Grundträsk genom att göra ändringar i bottendammen mellan träskan. Grundträsk håller långsamt på att växa igen och ingår i nätverket Natura 2000.</p> <p>I arbetet simulerades olika damm- och regleringsalternativ med simuleringsmodeller som bygger på vattenbalansen i Bodom träsk och Grundträsk. Stränderna och rekreationsanvändningen av Bodom träsk samt vattendragen nedanför begränsar möjligheterna att helt avstå från reglering i fortsättningen. Den nuvarande regleringsdammen kan dock rivas, och i dess ställe kan man bygga en damm som består av en naturenlig bottendamm som gör att de levande organismerna kan vandra och en separat sättdamm genom vilken flödet kan ökas även i fortsättningen, till exempel för att föregripa vårflo den. Dessutom kan storleken på bottendammens lågflödesöppning minskas med hjälp av ett element för att bevara möjligheterna till rekreationsanvändning på sommaren. Genom att ändra höjden på Grundträsk bottendamm kan man i stället närmast påverka botten vattennivån i träsket, eftersom vattennivån i Grundträsk är beroende av vattennivåerna i Bodom träsk när vattenståndet är ovanför dammen.</p> <p>I undersökningar har de åtgärder som har planerats för Bodom träsk inte upptäckts medföra betydande förändringar i vattennivån eller negativa konsekvenser för användningen av vattendragen och stränderna, rekreationsanvändningen av området, naturen vid träsket, organismerna eller vattendragen nedanför träsket. Däremot skulle träskets utflöde återställas till att följa åns naturliga rytm, vilket gynnar de levande organismerna i ån. Till följd av dammens naturenliga utformning kan organismer färdas i dammen, vilket bland annat gör det möjligt för öringen att stiga. Om dammen utformas enligt planerna minskar även reglerarens arbete, eftersom dammen fungerar nästan självständigt under normala år och kräver avsevärt färre åtgärder av regleraren än i nuläget.</p>				
Nyckelord Bodom träsk, Grundträsk, Glomsån, tillämpning av naturenliga vattenbyggnadsmetoder, bottendamm, öringen, regleringsdamm				
ISBN (tryckt) -	ISBN (PDF) 978-952-257-527-2	ISSN-L 2242-2846	ISSN (tryckt) -	ISSN (webbpublikation) 2242-2854
Sidantal 81	Språk finska		Pris (inneh. moms 8%) -	
Beställningar/distribution Publikationen finns endast på webben: www.doria.fi/ely-centralen				
Förläggare ELY-centralen i Nyland				
Tryckeri, ort och tidpunkt Helsinki, 10.5.2012				

Espoon Bodominjärvi on toiminut raakavedenottolähteenä vuosina 1961–1998, minkä vuoksi järven vedenkorkeutta ja virtaamaa säännöstellään. Myös järveen laskeva puro Matalajärvestä on suoristettu ja ruopattu, ja Matalajärven vedenpinnan laskun estämiseksi on rakennettu pohjapato. Säännöstelyn alkuperäinen käyttötarkoitus on poistunut ja säännöstelypato on säännöstelijälle raskastekoinen ja työläs. Lisäksi pato aiheuttaa eliöstölle, mm. alapuolisessa vesistössä elävälle taimenelle, täydellisen vaellusesteen.

Tässä työssä selvitettiin mahdollisuuksia luopua Bodominjärven ja Matalajärven nykymuotoisesta säännöstelystä aiheuttamatta haitallisia vaikutuksia vesistön ja rantojen käytölle, luontoarvoille tai järven alapuoliselle vesistölle. Nykyiselle padolle suunniteltiin vaihtoehto luonnonmukaisia vesirakennusmenetelmiä soveltaen, jotta Glomsinjoen ja Bodominjärven välille palautuisi eliöstön vaellusmahdollisuus. Lisäksi selvitettiin hiljalleen umpeen kasvavan, Natura 2000 -verkostoon kuuluvan, Matalajärven vedenkorkeuden nostomahdollisuuksia järvien välistä pohjapatoa muuttamalla.

RAPORTEJA 45 | 2012
BODOMINJÄRVEN JA MATALAJÄRVEN SÄÄNNÖSTELY
SÄÄNNÖSTELYN MUUTOSMAHDOLLISUUDET

Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

ISBN 978-952-257-527-2 (PDF)

ISSN-L 2242-2846
ISSN 2242-2854 (verkkojulkaisu)

URN:ISBN:978-952-257-527-2

www.ely-keskus.fi/julkaisut | www.doria.fi/ely-keskus